

(19) **BUNDESREPUBLIK**

DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

**(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 40 35 128 A 1**

(51) Int. Cl. 5:

B 60 G 17/00

B 60 G 21/00

**D
DE 40 35 128 A 1**

(21) Aktenzeichen: P 40 35 128.9
(22) Anmeldetag: 5. 11. 90
(23) Offenlegungstag: 17. 6. 92

(71) **Anmelder:**

Hörmann, Ernst, Dipl.-Ing., 8261 Mettenheim, DE

(72) **Erfinder:**

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) **Kurvenneigbares, mehrspuriges Fahrzeug**

(57) Die Erfindung betrifft ein mehrspuriges Fahrzeug mit drei oder vier Rädern, das der Fahrer - ähnlich wie ein einspuriges Zweirad - in die Kurve legen kann.

Die Schräglage wird dadurch erreicht, daß die kurvenäußeren Räder weit "ausfedern" und die kurveninneren "einfedern".

Es wird eine Fahrgestellauslegung angegeben, bei der dies ohne zusätzliche Ausgleichsvorrichtungen möglich ist. Dabei wird das Fahrverhalten von dem vorhandenen Aufrichtmoment der Federung beeinflußt.

Neben dem bekannten Ausgleichshebel werden noch weitere Ausgleichsvorrichtungen angegeben, die die Auflagerkraft beider Räder bei Schräglage gleich halten: Seil- oder Kettenzug, Differentialgetriebe, und eine Ausgleichsleitung zwischen hydraulischen oder pneumatischen Druckbehältern bzw. Zylindern als Federelemente auf gegenüberliegenden Fahrzeugseiten.

Auch Umschaltmöglichkeiten zwischen Fahrverhalten mit und ohne Aufrichtmoment werden angegeben.

Es wird auch eine aktive Einstellung der Schräglage durch ein Regelsystem angegeben und seine Zusammenarbeit mit den passiven Ausgleichsvorrichtungen beschrieben.

Alle Vorrichtungen und Angaben sind auch für lenkbare Räder geeignet, so daß nach diesem Konstruktionsprinzip auch Vierradfahrzeuge möglich sind.

Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einem mehrspurigen Fahrzeug mit drei oder vier Rädern, das der Fahrer — ähnlich wie ein einspuriges Zweirad — in die Kurve legen kann.

Die Radführungen entsprechen dabei den in dem Oberbegriff des Anspruchs 1 aufgeführten Konstruktionsmerkmalen.

Für die Patentansprüche und die Beschreibung gelten die am Ende der Beschreibung aufgeführten Definitionen und Erläuterungen zur Fahrdynamik, soweit sie nicht unmittelbar im Text enthalten sind.

Ein Fahrbetrieb mit positiver Kurvenneigung (Schräglage) bietet die folgenden Vorteile:

— Die auftretende Fliehkraft wird vom Fahrer nicht als Seitenkraft empfunden, sondern als erhöhte Schwerkraft. Dies ist angenehmer.

— Die auf Räder, Radführungen und Rahmenkonstruktion einwirkenden Kräfte liegen im Wesentlichen nur in einer Belastungsebene parallel zum Scheinlot, d. h. es wirken nur geringfügige Seitenkräfte ein. Dadurch werden diese Fahrzeugteile weniger beansprucht und können somit in leichterer Bauweise ausgeführt werden. Dies ist besonders für Muskelkraft- oder Solarfahrzeuge von Bedeutung.

— Leichte Muskelkraftfahrzeuge werden schmäler als normale Kraftfahrzeuge gebaut, um Luftwiderstand und Platzverbrauch niedrig zu halten. Sie werden auch relativ hoch gebaut, damit der Fahrer im Straßenverkehr einen besseren Überblick hat und nicht so leicht übersehen wird. Bei einem derartigen schmalen Fahrzeug mit hoher Schwerpunktlage in konventioneller Bauweise, d. h. ohne Möglichkeit zu positiver Kurvenneigung, ist die Gefahr groß, daß es bei schneller Kurvenfahrt unter dem Einfluß der Fliehkraft nach außen kippt. Wird dagegen die Fliehkraft durch positive Kurvenneigung kompensiert, ist diese Gefahr behoben.

Gegenüber dem Zweirad liegt der Vorteil von mehrspurigen Fahrzeugen hauptsächlich darin, daß eine besondere Zulademöglichkeit besteht. Ein mehrspuriges Fahrzeug kann so ausgelegt werden, daß im Bereich zwischen den Rädern eine tiefliegende, geschlossene Ladefläche zur Verfügung steht. Bei einem Zweirad muß dagegen die Nutzlast neben oder über den Rädern angebracht werden.

Fahrzeuge mit positiver Kurvenneigung weisen aber auch — wie das Zweirad — einige Nachteile auf:

— Es besteht die Gefahr, daß ein solches Fahrzeug zur Kurveninnenseite kippt, wenn die Räder plötzlich die Straßenhaftung verlieren und wegrutschen.

— Bei Langsamfahrt ist das Fahrzeug schwerer zu stabilisieren.

— Im Stillstand ist eine besondere Abstützung erforderlich, damit das Fahrzeug nicht umkippt.

Es sind verschiedene Konstruktionen bekannt, die bei mehrspurigen Fahrzeugen ein Fahrverhalten mit positiver Kurvenneigung ermöglichen. Die Erfindung bezieht sich auf Fahrzeuge, die die Kurvenneigung dadurch erreichen, daß die außermittig an der Kurveninnenseite des Fahrzeugs angeordneten Räder sich relativ zum Fahrzeugrahmen nach oben bewegen ("einfedern").

während die Räder auf der Kurvenaußenseite sich nach unten bewegen ("ausfedern").

Dieses Konstruktionsprinzip hat die folgenden Vorteile:

— Für die Kurvenneigung sind keine besonderen Gelenke erforderlich (wie etwa bei "Parallelogrammschwenkern", z. B. entspr. OS-DE 37 11 554), lediglich der Hub der Radführungen muß entsprechend groß sein.

— Der Raum zwischen den Rädern bleibt auch bei Schräglage in voller Breite erhalten und wird nicht durch einwärts schwenkende Räder verringert. Der Antrieb der Räder kann ohne zusätzlich Kardangelenke erfolgen, wenn der Antriebsstrang in die Radführung integriert wird. Besonders vorteilhafte Lösungen bieten sich an, wenn, wie in OS-DE 30 44 899 die Radführung als Längsschwinge ausgebildet ist.

Bei diesem Konstruktionsprinzip muß aber darauf geachtet werden, daß das durch die unterschiedliche Einfederung der Räder entstehende Aufrichtmoment nicht zu groß wird, sondern durch eine geeignete Vorrichtung bzw. Fahrgestellauslegung kontrolliert werden kann.

Als eine solche Vorrichtung ist bisher der Ausgleichshebel bekannt. In OS-DE 30 44 899 wird der Ausgleichshebel als Koppelhebel bezeichnet. Seine Drehachse ist, ebenso wie in OS-DE 36 11 417, in Fahrzeulgängsrichtung ausgerichtet.

In beiden Schriften ist der Ausgleichshebel arretierbar. Aus den Angaben geht hervor, daß die beschriebenen Fahrzeuge bei arriertem Ausgleichshebel "Stillstand-stabil" sind. Ein Fahrbetrieb mit positiver Kurvenneigung ist so also nicht möglich.

Ein Fahrbetrieb mit Kompensierung des Zentrifugalmomentes durch die Radkräfte ("negative Kurvenneigung"), wie dies bei einem "normalen" mehrspurigen Fahrzeug der Fall ist, ist wegen der relativ hohen Schwerpunktlage, der geringen Spurweite (notwendig, um den für Schräglagen erforderlichen Radhub in vernünftigen Grenzen zu halten!) und wegen der unabhängigen Einzelradaufhängung nur bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten und mit starker Körperverlagerung möglich.

Auch der Übergang von einem Fahrbetrieb mit negativer Kurvenneigung zu einem mit positiver Kurvenneigung und umgekehrt ist während der Fahrt schwierig und möglicherweise gefährlich.

In OS DE 36 11 417 wird der Ausgleichshebel zusätzlich durch Fußpedale beeinflußt.

Eine solche Konstruktion ist für Fahrzeuge mit Pedalantrieb nicht geeignet. Aber auch bei einem motorge triebenen Fahrzeug ist dadurch eine Fußbetätigung von Bremse, Kupplung Schaltung oder Gas nur mit großem konstruktiven Aufwand zu lösen und schwierig zu bedienen.

Die in beiden Schriften angegebenen Fahrzeuge sind Dreiradfahrzeuge. Vierradfahrzeuge mit diesem Konstruktionsprinzip sind nicht bekannt.

Darüberhinaus ist in keiner der beiden Schriften eine Angabe über das Verhältnis Radhub zu Spurweite erhalten, das für die im Fahrbetrieb erreichbaren Schräglagen maßgebend ist.

Ist die durch die Fahrzeugkonstruktion festgelegte maximale Schräglage kleiner als die bei Kurvenfahrt zur Fliehkraft-Kompensation erforderliche Schräglage, dann ist das Fahrzeug nicht mehr steuerbar, es wird aus

der Kurve getragen.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, die konstruktiven Möglichkeiten für kurvenneigbare, mehrspurige Fahrzeuge zu erweitern und dadurch eine konstruktive Vereinfachung, eine bessere Anpassungsmöglichkeit an spezielle Gegebenheiten oder Nutzungsanforderungen, eine leichtere Bedienbarkeit und/oder eine erhöhte Fahrsicherheit zu erreichen.

Die im Oberbegriff zu Anspruch 1 und den einzelnen Patentansprüchen angegebenen Konstruktionsmerkmale sind nicht nur für Hinter-, sondern auch für Vorderachsen mit lenkbaren Rädern anwendbar, so daß damit also auch die Konstruktion von kurvenneigbaren Vierrad-Fahrzeugen möglich ist.

Prinzipiell sind dafür nahezu alle aus der Automobiltechnik bekannten Vorderachskonstruktionen geeignet, bei denen die Räder in unabhängigen Einzelradaufhängungen geführt werden, z.B. die Vorderachskonstruktion mit Mc-Pherson-Federbeinen. Sie müssen nur so dimensioniert werden, daß der Radhub ("Federweg") so groß wird, wie dies für die vorgesehenen Schräglagen erforderlich ist.

Bei einer Fahrgestellauslegung (Achskonstruktion) entspr. Anspruch 1 wird ein zweiradähnlicher Fahrbetrieb eines mehrspurigen Fahrzeuges möglich, ohne daß zusätzliche Einrichtungen wie etwa der in OS-DE 30 44 899 angegebene Ausgleichshebel notwendig sind. Dies bedeutet eine wesentliche Vereinfachung der Fahrzeugkonstruktion. Dadurch, daß der Radhub größer ist als die Spurweite des Fahrzeugs, ist die Voraussetzung gegeben, daß das Fahrzeug Schräglagen von mehr als 45 Grad einnehmen kann. Weil der Haftreibungsbeiwert für Fahrzeugreifen auf üblichen Straßenbelägen etwa bei 1 liegt, reicht das für normalen Fahrbetrieb aus.

Die Kräfteverhältnisse bei einem Fahrzeug entsprechend Anspruch 1 bei Kurvenfahrt sind in Fig. 1 dargestellt. Dadurch, daß die Federsteifigkeit der Radführungen, die Spurweite (b) und die Schwerpunktshöhe (h) so gewählt sind, daß bei voll belastetem Fahrzeug das Neigungsmoment zunimmt, wenn der Neigungswinkel (k) zunimmt, kann bei Kurvenfahrt das auftretende Zentrifugalmoment durch das Neigungsmoment kompensiert werden. Bei dieser Fahrgestellauslegung ist das Gewichtsmoment also immer größer als das Aufrichtmoment, das Fahrzeug kippt bei voller Belastung mit Fahrer im Stillstand also um.

Diese Fahrgestallauslegung wird im Folgenden als "Stillstand-instabil" bezeichnet. Das Fahrverhalten eines derartigen Fahrzeugs ist durch das vorhandene Aufrichtmoment geprägt und wird im Folgenden "Fahrverhalten mit Aufrichtmoment" genannt. Es ist dem Fahrverhalten eines normalen Zweirades ähnlich und hat folgende Eigenschaften:

- Im Stillstand ist ein solches Fahrzeug bei voller Belastung mit Fahrer instabil, ohne Fahrer und bei niedriger Schwerpunktlage von Fahrzeug und Zuladung kann das Fahrzeug stabil sein, d.h. es kippt nicht um.

- Bei langsamer Fahrt ist es durch das vorhandene "Aufrichtmoment" leichter, das Fahrzeug im Gleichgewicht zu halten. Dies wirkt sich insbesondere beim Fahrzeugen mit Pedalantrieb günstig aus, weil auch bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten die Füße noch auf den Pedalen bleiben können. Auch auf einem Untergrund mit reduzierter Reifenhafung läßt sich das Fahrzeug leichter stabilisieren.

Insbesondere kommt dem Aufrichtmoment eine größere Bedeutung zu, wenn das Fahrzeug zum Witterungsschutz ein Dach erhält, das vielleicht auch mit Solarzellen belegt ist, und dadurch der Gesamtschwerpunkt des Fahrzeugs höher zu liegen kommt.

Bei Kurvenfahrt ist die erforderliche Schräglage größer als bei einem normalen Zweirad, weil ja das "Gewichtsmoment" so groß sein muß wie "Zentrifugalmoment" und "Aufrichtmoment" zusammen. Eine solche Fahrgestellauslegung ist also eher für langsame bis mittlere Geschwindigkeiten sinnvoll.

Anspruch 2 stellt eine weitere Ausgestaltung von An-

spruch 1 dar:

Durch das Einlegen einer starren oder elastischen Arretierung der Radführungen entsprechend Anspruch 2 kann eine "Stillstand-stabile" Fahrgestallauslegung erreicht werden. Das bedeutet, daß das Fahrzeug im Stillstand oder bei sehr langsamer Fahrt auch bei voller Belastung nicht mehr umkippt. Dies kann vor allem beim Einparken und Abstellen des Fahrzeugs eine große Erleichterung bedeuten. Ein Fahrbetrieb ist so aber, wie bereits dargestellt, nur bei ganz niedrigen Geschwindigkeiten möglich.

Anspruch 3 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 2 dar:

Eine mögliche Ausführung einer solchen Arretierung und ihrer Betätigungsvorrichtung entsprechend Anspruch 3 bei einer als Schwingarm ausgeführten Radführung ist in Fig. 7 dargestellt:

Die Arretierung besteht in 2 elastischen Anschlägen (28), die, wenn die Arretierung eingelegt ist, an dem Schwingarm in einem gewissen Abstand von der Schwingenachse anliegen. Die Anschläge können mit einem Handhebel (29) über das Kniegelenk (31) so verschwenkt werden, daß sie die Radführung nicht mehr berühren.

Anspruch 4 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 1, 2, oder 3 dar: Bei einer Achskonstruktion entsprechend Anspruch 4 (siehe Fig. 2, 3, 4) wird durch den an sich bekannten Ausgleichshebel (6) erreicht, daß die rechte Radkraft (RR) unabhängig von der Schräglage des Fahrzeugs ebenso groß ist wie die linke Radkraft (RL). Dadurch wird das Aufrichtmoment, das durch den Unterschied zwischen rechter und linker Radkraft erzeugt wird, zu Null. Bei Kurvenfahrt muß das Gewichtsmoment also nur das Zentrifugalmoment kompensieren. Damit zeigt das Fahrzeug ein Fahrverhalten, das weitgehend dem eines normalen Zweirades entspricht. Im Folgenden wird eine Vorrichtung, die die auf ein Radpaar wirkende Last so auf die Radführungen bzw. Räder verteilt, daß rechtes und linkes Rad bei jeder Schräglage im Wesentlichen immer gleich belastet sind. "Ausgleichsvorrichtung" genannt. Der Ausgleichshebel als Ausgleichsvorrichtung ist aus OS DE 30 44 899 bekannt.

Dort ist aber angegeben, daß seine Drehachse in Fahrzeuggängsrichtung, also horizontal, ausgerichtet ist. Durch eine Ausrichtung der Drehachse entsprechend Anspruch 4 ist jedoch ein größerer konstruktiver Spielraum gegeben. Eine mögliche Ausführungsform ist in Fig. 4 angegeben:

Die Radführung ist als Schwingarm (2) ausgeführt. Die Verbindungslinie (VL) des Befestigungspunktes (B) des Federelementes (4) am Schwingarm mit der Schwingenachse (SA) schließt in der Ruhelage des Schwingarms mit der Horizontalen den Winkel (n) = 30 Grad ein. Die Tangente (TB) an die Bahnkurve (BK) des Befestigungs-

punktes (B) ist dann laut Anspruch 4 senkrecht zu der Verbindungslinie (VL), die Drehachse (DA) des Ausgleichshebels (6) wiederum senkrecht zur Tangente (TB). In dieser Ausführungsform der Radführung ist die Drehachse (DA) also parallel zur Verbindungslinie (VL), schließt also mit der horizontalen Fahrzeulgängsachse einen Winkel von 30 Grad ein. Durch diese Anordnung kommt der Ausgleichshebel fast senkrecht über der Schwingenachse zu liegen. Dadurch wird der freie Raum hinter der Schwingenachse, der z. B. als Ladefläche genutzt werden kann, vergrößert.

Wird der Ausgleichshebel arretiert, dann ergibt sich ein Fahrverhalten mit Aufrichtmoment, wie es bei Anspruch 1 beschrieben ist.

Anspruch 5 stellt eine weitere selbständige Lösung der Aufgabe dar:

Bei einer Fahrgestellauslegung entsprechend Anspruch 5 ist das Fahrzeug bei arretiertem Ausgleichshebel "Stillstand-stabil". Diese Fahrgestallauslegung entspricht der von OS DE 30 44 899 Durch die Anordnung des Ausgleichshebels ist wieder, wie bei Anspruch 4 beschrieben, ein größerer konstruktiver Spielraum gegeben.

Anspruch 6 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 5 dar:

Greift entsprechend Anspruch 6 an dem Ausgleichshebel eine elastische Arretierung an, so ist damit bei entsprechender Federsteifigkeit des elastischen Federelementes ein "Stillstand-instabile" Fahrgestallauslegung und damit ein Fahrverhalten mit Aufrichtmoment möglich. Der Wechsel von dem für schnelle Fahrt geeigneten Fahrbetrieb ohne Aufrichtmoment zu dem für Langsamfahrt geeigneten Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment ist auch unter der Fahrt gefahrlos möglich, weil beide Fahrtbetriebsarten mit positiver Kurvenneigung erfolgen.

Anspruch 7 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 6 dar:

Die Federelemente werden durch bewegliche elastische Anschläge dargestellt. Anschläge, vorzugsweise aus Kautschuk sind ein kostengünstiges, betriebssicheres Konstruktionselement.

Anspruch 8 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 7 dar: Eine Führung der Anschläge durch eine Drehachse ist kostengünstig und betriebssicher zu realisieren.

Anspruch 9 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 8 dar:

Eine Positionierung der Anschläge über durch ein an sich bekanntes Kniehebelgelenk bietet zwei Vorteile:

1. Der Kniehebel hat zwei definierte, selbsthaltende Endlagen.
2. Bei der Endlage, bei der die elastische Arretierung eingelegt ist, bringt der Kniehebel bei geringerer Betätigungs Kraft eine hohe Druckkraft auf.

Eine Ausführungsform einer derartigen elastischen Arretierung ist in Fig. 3 dargestellt:

Anspruch 10 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 5 dar:

Anstelle der elastischen Arretierung des Ausgleichshebels kann auch, entsprechend Anspruch 10, eine elastische Arretierung vorgesehen werden, die an der Radführung angreift. Auch diese Arretierung kann ein Aufrichtmoment bewirken. Sie hat aber auch zur Folge, daß die Gesamtfedersteifigkeit der Achskonstruktion erhöht wird, wenn sie eingelegt ist. Da ein Fahrbetrieb mit

Aufrichtmoment meistens aber bei niedrigen Geschwindigkeiten erfolgt, ist der Verlust an Fahrkomfort nicht so hoch zu bewerten.

Eine Ausführungsform einer derartigen elastischen Arretierung ist in Fig. 7 dargestellt:

Anspruch 11 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 5 dar:

Bei einer Achskonstruktion entsprechend Anspruch 11 entfällt die Drehachse des Ausgleichshebels. Dies bedeutet eine konstruktive Vereinfachung.

Anspruch 12 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 11 dar:

Anschläge, vorzugsweise aus Kautschuk sind ein kostengünstiges, betriebssicheres Konstruktionselement.

Anspruch 13 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 12 dar:

Eine elastische Arretierung erlaubt eine Umschaltung von einem Fahrbetrieb ohne Aufrichtmoment auf einen mit Aufrichtmoment.

Anspruch 14 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 13 dar:

Eine Längsschwinge erlaubt einen großen Radhub und einen einfachen Kettenantrieb.

Anspruch 15 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 14 dar:

Bei geeigneter Ausführung kann der Gummipuffer sowohl die Führung des Ausgleichshebels gewährleisten wie auch einen kleinen Beitrag zur Federung liefern.

Anspruch 16 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 15 dar:

Mit einer Achskonstruktion entsprechend Anspruch 16 (siehe Fig. 5) können die folgenden Fahrzeugeigenschaften erreicht werden:

— Wenn der Fahrer das Fahrzeug verlassen hat, wird der Ausgleichshebel durch das Federelement (12) nach unten gezogen und liegt auf den beiden steifen, außermittig angebrachten Anschlägen (14) auf. Dadurch kippt das Fahrzeug dann nicht mehr um.

— Besteigt der Fahrer das Fahrzeug, kommt der Ausgleichshebel an dem mittig angebrachten elastischen Anschlag (13) zur Anlage. Er kann um diesen Anschlag geschwenkt werden, so daß ein Fahrverhalten ohne Aufrichtmoment möglich ist.

Anspruch 17 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 16 dar:

Durch die Einstellmöglichkeit für die Vorspannung des Federelementes kann eine Anpassung an Fahrergewicht bzw. Zuladung vorgenommen werden.

Anspruch 18 stellt eine weitere selbständige Lösung der Aufgabe dar:

Bei einer Achskonstruktion entsprechend Anspruch 18 besteht die Ausgleichsvorrichtung aus einem Seilzug mit Umlenkrollen. Diese Konstruktion bietet gegenüber dem Ausgleichshebel weitere konstruktive Freiheiten.

Anspruch 19 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 18 dar:

Durch die Zwischenschaltung eines Federelementes wird der Fahrkomfort erhöht und die Spitzenbelastung für das Halteseil verringert.

Anspruch 20 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 19 dar:

Durch eine Führung des Befestigungspunktes mittels einer Führungsvorrichtung wird die Lage des Halteseils definiert. Zudem können dadurch auch auf Druck beanspruchte Federelemente eingesetzt werden, die über

wenig oder keine eigene Seitensteifigkeit verfügen, wie z. B. Druckfedern.

Anspruch 21 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 20 dar:

Eine Hilfsschwinge ist eine betriebssichere, kostengünstig zu erstellende Führungsvorrichtung.

Anspruch 22 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 18, 19, 20, oder 21 dar:

Durch das obere Halteseil wird vermieden, daß beim Anheben des Fahrzeugs oder auch nach harten Fahrbahnstößen die Räder unkontrolliert nach unten fallen und das untere Halteseil seine Zugspannung verliert.

Anspruch 23 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 22 dar:

Durch die Einstellvorrichtung am unteren Halteseil kann z. B. die Bodenfreiheit des Fahrzeugs verändert werden.

Durch die Einstellvorrichtung am oberen Halteseil können z. B. im Betrieb auftretende Längenänderungen vom unteren oder oberen Halteseil ausgeglichen werden.

Anspruch 24 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 23 dar:

Eine verstellbare und feststellbare Umlenkrolle stellt eine kostengünstige und betriebssichere Einstellvorrichtung dar.

Anspruch 25 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 22, 23, oder 24 dar:

Durch die elastischen Glieder können Spitzenspannungen im Seilzug abgebaut werden, die z. B. durch kleine, von der Geometrie der Radführung hervorgerufene, Unterschiede in der Länge des Seilzuges entstehen können.

Anspruch 26 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 18, 19, 20 oder 21 dar:

Das obere Halteseil kann durch relativ weiche elastische Federlemente ersetzt werden, die die Radführung nach oben drücken, so daß das untere Halteseil immer gespannt bleibt. Dadurch können Umlenkrollen und Spannvorrichtung für das obere Halteseil entfallen.

Die Anspruch 27 stellt eine weitere Ausgestaltung von einem der Ansprüche 18 bis 26 dar:

Durch eine starre Arretierung der Ausgleichsvorrichtung (unteres Halteseil) oder einer Umlenkrolle entsprechend Anspruch 27 bis 29 kann erreicht werden daß, wenn diese Arretierung eingelegt ist, das Fahrzeug je nach Fahrgestellauslegung "Stillstand-stabil" oder "Stillstand-instabil". Wird das Fahrzeug "Stillstand-instabil", so ist ein Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment möglich. Es ist aber darauf zu achten, daß die starre Arretierung nur eingelegt wird, wenn die Fahrzeughochachse vertikal ausgerichtet ist.

Wird das Fahrzeug "Stillstand-stabil", so kann, wenn die starre Arretierung (wie bei einer Reib- oder Klauenkupplung) in mehreren Stellungen eingelegt werden kann, das Fahrzeug auch auf geneigtem Untergrund so abgestellt werden, daß die Fahrzeughochachse vertikal ausgerichtet ist.

Durch eine elastische Arretierung der Ausgleichsvorrichtung (unteres Halteseil) oder einer Umlenkrolle entsprechend Anspruch 27 kann für die obige Fahrgestellauslegung (bei eingelegter starrer Arretierung "Stillstand-stabil") bei gelöster starrer Arretierung eine "Stillstand-instabile" Fahrgestellauslegung und damit ein Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment ermöglicht werden.

Die Ansprüche 28 bis 30 stellen eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 27 dar:

Kupplungsvorrichtungen in Form von an sich bekannt-

ten Scheibenbremsen, Klauen- oder Reibscheibenkupplungen sind mögliche Ausführungsformen für eine starre und/oder eine elastische Arretierung. Dadurch, daß eine starre oder elastische Arretierung an einer Umlenkrolle angreift, kann sie sehr platzsparend ausgeführt werden.

Anspruch 31 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 22 bis 30 dar:

Das untere Halteseil wird durch eine Gliederkette ersetzt, wobei die Umlenkrollen dann durch Kettenräder ersetzt werden.

Dadurch ist es einfacher, eine elastische oder starre Arretierung, die an einem Kettenrad angreift, anzubringen, weil die Gefahr, daß die Ausgleichsvorrichtung durchrutscht, behoben ist.

Bei einer Ausgleichsvorrichtung in Form eines Seilzugs oder einer Gliederkette gilt grundsätzlich:

Wird der Abstand des Befestigungspunktes (B) des Seilzuges an der Radführung relativ weit von der Schwingenachse (SA) entfernt, wirken auf den Seilzug bzw. die Kette, die Umlenkrollen und deren Befestigungen am Fahrzeughrahmen nur relativ kleine Kräfte ein. Dadurch können diese Bauteile leichter ausgeführt werden. Wird dagegen der Befestigungspunkt des unteren Halteseils näher zur Schwingenachse und zur Fahrzeugmitte verlegt, dann kann die Ausgleichsvorrichtung sehr kompakt gestaltet werden, insbesondere können die Befestigungspunkte der Halteseile an rechter und linker Radführung so nahe zusammengelegt werden, daß für unteres und oberes Halteseil nur noch je eine Umlenkrolle nötig ist, deren Drehachse dann in der Fahrzeugmitte liegt.

Anspruch 32 stellt eine weitere selbständige Lösung der Aufgabe dar:

Bei einer Achskonstruktion nach Anspruch 32 besteht die Ausgleichsvorrichtung in einem Zahnrad-Differentialgetriebe. Eine solche Anordnung kann Vorteile in einer sehr kompakten Bauweise bringen. Nachteilig ist, daß, die Zahnräder bzw. -segmente sehr exakt geführt und aufwendig abgedichtet werden müssen, damit ein einwandfreier Zahneingriff, sichere Schmierung und Schutz vor Verschmutzung gewährleistet sind.

Anspruch 33 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 32 dar:

Greifen die mit den Schwingarmen verbundenen Zahnräder bzw. Segmente, die wegen der auftretenden Zahndrähte groß dimensioniert sein müssen, auf ein nachgeschaltetes Untersetzungsgetriebe ein, können diese Zahnräder mit einer Stirnradverzahnung ausgeführt werden. Das ist kostengünstiger als eine Kegelradverzahnung.

Anspruch 34 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 32 und 33 dar:

Durch eine starre oder elastische Arretierung, die an einem der Zahnräder angreift, können die Wirkungen erzielt werden, wie sie bei Anspruch 27 bis 30 beschrieben sind.

Anspruch 35 stellt eine weitere selbständige Lösung der Aufgabe dar: (siehe Fig. 7).

Bei einer Achskonstruktion entsprechend Anspruch 35 besteht die Ausgleichsvorrichtung aus einer hydraulischen oder pneumatischen Verbindungsleitung (i.F. "Ausgleichsleitung" (24) genannt) zwischen zwei "Druckbehältern" (25, 26), die an der rechten und linken

Radführung (2, 3) eines Radpaars so angebracht sind, daß sie die Radführungen zum Fahrzeughrahmen (1) abstützen. Da der wirksame Querschnitt des rechten und des linken Druckbehälters auch bei unterschiedlichen

Stellungen der Radführung im Wesentlichen immer gleich bleibt und durch die Ausgleichsleitung der Druck im beiden Druckbehältern gleich groß ist, ist also auch die rechte und die linke Radkraft im Wesentlichen immer gleich groß, unabhängig von der Schräglage des Fahrzeugs.

Diese Form der Ausgleichsvorrichtung als Ausgleichsleitung und der Abstützung der Radführungen bietet einige Vorteile:

- Es sind nur wenige bewegte Teile erforderlich. Dadurch wird der konstruktive Aufwand verringert, Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit werden verbessert.

Anspruch 36 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 35 dar:

- Ist das Absperrventil in der Ausgleichsleitung (Ausgleichssperrventil) geöffnet, zeigt das Fahrzeug ein Fahrverhalten, das weitgehend einem normalen Zweirad gleicht (kein Aufrichtmoment).
- Ist das Ausgleichssperrventil geschlossen, ist ein Aufrichtmoment vorhanden. Je nach Fahrzeugauslegung und Federsteifigkeit der Druckbehälter ist das Fahrzeug dann "Stillstand-instabil" oder "Stillstand-stabil". Im ersten Fall ist ein Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment möglich. Da das Ausgleichssperrventil klein ausgeführt und in guter Griffweite plaziert werden kann, und auch leicht bedienbar ist, wird das Umschalten von Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment auf Fahrbetrieb ohne Aufrichtmoment bzw. von einer "Stillstand-stabilen" Fahrgestellauslegung zu einer Fahrgestellauslegung ohne Aufrichtmoment sehr erleichtert.

Anspruch 37 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 35 und 36 dar:

Durch die elastische Verformung des Druckbehälters erhält das Fahrzeug ein Federungsverhalten.

Anspruch 38 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 37 dar:

Durch Betätigung der Druckpumpe und/oder des Befüll- und Entleerungsventils kann die Bodenfreiheit des Fahrzeugs verändert werden.

Anspruch 39 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 37 oder 38 dar: (siehe Fig. 6).

Bei einer Achskonstruktion entsprechend Anspruch 39 wird durch die Trennung von Arbeitszylinder (= Hydraulikzylinder (33, 34)) und Federelement (= Druckluftbehälter (35, 36)) zwar der konstruktive Aufwand vergrößert, aber auch die konstruktive Freiheit verbessert.

Anspruch 40 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 39 dar:

Durch die Integration des Druckluftbehälters in den Hydraulikzylinder kann dieses Bauteil sehr kompakt ausgeführt werden und die Anzahl der Anschlußverschraubungen, Leitungen und Dichtungen reduziert werden.

Anspruch 41 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 39 oder 40 dar:

Durch das Befüll- und Entleerungsventil kann die Luftmenge in dem Druckluftbehälter mittels einer Luftpumpe verändert werden. Dadurch kann die Federsteifigkeit der Radaufhängung ohne großen Aufwand (Aufpumpen, Luftablassen) verändert und der jeweiligen Belastung des Fahrzeugs angepaßt werden.

Anspruch 42 stellt eine weitere Ausgestaltung von

Anspruch 39, 40 oder 41 dar:

Durch die Betätigung der Federungssperrventile (41, 42) kann die Federung des Fahrzeugs außer Betrieb gesetzt werden. Dies ist z. B. dann von Vorteil, wenn das Fahrzeug bei gesperrter Ausgleichsleitung "Stillstand-instabil" ist. Werden in diesem Fall die Federungssperrventile geschlossen, kann das Fahrzeug im Stillstand und bei sehr geringer Geschwindigkeit nicht mehr umkippen. Ein Fahrbetrieb mit größerer Geschwindigkeit ist dann allerdings nicht mehr möglich.

Anspruch 43 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 42 dar:

Durch die gemeinsame Betätigung der Federungssperrventile wird die Bedienung erleichtert und die Fahrsicherheit erhöht.

Ansprüche 44 und 45 stellen eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 39 bis 43 dar:

Durch den Differenzdruckerzeuger, der in der Ausgleichsleitung parallel zum Ausgleichssperrventil angeschlossen ist, kann auch bei einer Fahrgestellauslegung, die sonst bei geschlossenem Ausgleichssperrventil "Stillstandstabil" ist, auf eine "Stillstand-instabile" Fahrgestellauslegung umgestellt werden, die einen Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment ermöglicht. Die Umstellung kann sehr einfach durch die Betätigung des Ausgleichssperrventils erfolgen.

Anspruch 46 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 44 oder 45 dar:

Durch das Dreiwegventil kann sehr einfach zwischen drei Fahrbetriebsarten bzw. Fahrgestellauslegungen umgeschaltet werden:

— Stellung 1, Ausgleichleitung offen: Ein Fahrbetrieb wie bei einem normalen Zweirad ohne Aufrichtmoment ist möglich.

— Stellung 2, Ausgleichleitung läuft über Differenzdruckerzeuger: Fahrgestellauslegung "Stillstand-instabil"; ein zweiradähnlicher Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment ist möglich.

— Stellung 3, Ausgleichleitung und Differenzdruckerzeuger abgesperrt Fahrgestellauslegung "Stillstandstabil", das Fahrzeug kippt im Stillstand nicht um.

Anspruch 47 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 39 bis 43 und eine konstruktive Alternative zu Anspruch 44 bis 46 dar:

Durch das Einlegen der elastischen Arretierung, die an der Radführung angreift, wird bei geöffnetem Ausgleichssperrventil ein Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment ermöglicht.

Anspruch 48 stellt eine weitere selbständige Lösung der Aufgabe dar:

Durch ein Regelungssystem entsprechend Anspruch 48, das auf die Radführungen einwirkt, kann das Fahrzeug nach dem Scheinlot ausgerichtet werden, soweit es der Hub der Radführungen zuläßt. Ein solches Regelungssystem kann die folgenden Vorteile bieten:

— Solange das Regelungssystem arbeitet, kippt das Fahrzeug nicht um, z. B. im Stillstand oder bei langsamer Fahrt. Dies gilt insbesondere, wenn z. B. bei Kurvenfahrt die Reifen plötzlich die Bodenhaftung verlieren und das Fahrzeug wegrutscht. Da sich mit der Reihenhaftung auch die Richtung des Scheinlotes ändert, wird sich das Fahrzeug also, statt wie ein Zweirad umzukippen, eher aufrichten.

— Bei einem solches Regelungssystem, das die

Schräglage aktiv einstellt kann der Radhub der Radführungen kleiner ausgelegt sein als bei einer passiven Schräglageneinstellung, wie sie die bisher aufgeführten Ausgleichsvorrichtungen darstellen: Bei einem passiven System ohne Stellglied müssen für einen quasistationären Fahrzustand die drei Momente um das Momentanzentrum, nämlich Gewichtsmoment, Zentrifugalmoment und Aufrichtmoment im Gleichgewicht sein. Wenn der Radhub so eingeschränkt ist, daß die erforderliche Schräglage nicht mehr erreicht werden kann und das Gewichtsmoment darum zu klein ist, wird das Fahrzeug durch das nicht kompensierte Zentrifugalmoment zur Kurvenaußenseite gekippt. Bei einer aktiven Regelung der Schräglage wird das Regelungssystem versuchen, durch das vom Stellglied erzeugte Stellmoment das Fahrzeug weiter zur Kurveninnenseite zu kippen. Wenn dieses Stellmoment ausreichend groß ist, kann es das verbleibende Zentrifugalmoment, das nicht vom Gewichtsmoment ausgeglichen ist, kompensieren.

Die Fahrzeughochachse ist dann etwas aufrechter ausgerichtet als das Scheinlot.

Anspruch 49 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 48 dar:

Durch die Zwischenschaltung eines elastischen Gliedes zwischen Stellglied und Radführung werden die Federrungsbewegungen der Radführungen zum Ausgleich von Fahrbahnunebenheiten vom Stellglied des Regelungssystems ferngehalten.

Anspruch 50 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 49 dar:

Durch die Führung des Federelementes durch die Führungsvorrichtung, z. B. eine Hilfsschwinge kann die Bewegung des Federelementes besser kontrolliert werden. Durch die Begrenzung des Bewegungsspielraumes der Führungsvorrichtung bzw. des Stellgliedes kann der gesamte Radhub der Radführungen verringert werden:

Wird also vom Regelungssystem bzw. von der Fahrersituation eine größere Schräglage gefordert als die Anschläge zulassen, dann wird das Regelungssystem die Führungsvorrichtung bis zu den (mechanischen) Anschlägen fahren und dann mit dem Stellmoment gegen die Anschläge drücken. Das oben beschriebene "restliche" Zentrifugalmoment kann also vom Stellmoment kompensiert werden, indem der Druck auf die Anschläge verringert wird. Obwohl das Regelungssystem bzw. das Stellglied auf die Anschläge drückt, ist ein Federsverhalten des Fahrzeugs immer noch möglich, weil das Federelement zwischengeschaltet ist.

Anspruch 51 stellt eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 48 bis 50 dar:

Durch die Erfassung der Bewegungen der Radführungen bzw. der Führungsvorrichtungen der Federelemente und ihre Auswertung beispielsweise in einer Kaskadenregelung kann das Regelsystem genauer, schneller und sicherer arbeiten.

Die Ansprüche 52 bis 65 stellen eine weitere Ausgestaltung von Anspruch 48 oder 51 dar:

Die aktive Steuerung der Schräglage durch das Regelungssystem arbeitet zusammen mit der passiven Steuerung der Schräglage durch die Ausgleichsvorrichtung.

Dies hat 2 Vorteile:

1. Das Regelungssystem braucht weniger Stellenergie, weil es nur die passive Steuerung unterstützt.
2. Bei einem Ausfall des Regelungssystems oder der

Energieversorgung kann das Regelungssystem von der Ausgleichsvorrichtung entkoppelt werden. Der Fahrbetrieb kann ohne Gefährdung mit dem passiven System fortgesetzt werden. Dabei ist es dann allerdings nicht mehr möglich, z. B. durch Anschläge an der Ausgleichsvorrichtung den Radhub zu begrenzen, weil bei einem Ausfall des Regelungssystems bei voller Schräglage das Fahrzeug dann nicht mehr steuerbar wäre.

Bei einer Anordnung entspr. Anspruch 52 bis 54 wirkt das Regelungssystem auf den Ausgleichshebel als Ausgleichsvorrichtung ein.

Bei einer Anordnung entspr. Anspruch 55 bis 57 wirkt das Regelungssystem beim unteren Halteseil bzw. bei der unteren Haltekette als Ausgleichsvorrichtung auf eine Umlenkrolle bzw. ein Kettenrad ein.

Bei einer Anordnung entspr. Anspruch 58 bis 60 wirkt das Regelungssystem auf ein Zahnrad des Differentialgetriebes als Ausgleichsvorrichtung ein.

Bei einer Anordnung entspr. Anspruch 61 bis 65 wirkt das Regelungssystem auf die Ausgleichsleitung zwischen den Druckbehältern bzw. Hydraulikzylindern ein.

Fig. 1 stellt die Kräfteverhältnisse an einem mehrspurigen Fahrzeug ohne Ausgleichsvorrichtung entspr. Anspruch 1 bei Kurvenfahrt und positiver Kurvenneigung dar: (siehe auch "Definitionen und Erläuterungen zur Fahrodynamik" am Ende der Beschreibung):

G = Gewicht des Fahrzeugs,

30 R = Resultierende aus Fahrzeuggewicht und Zentrifugalkraft,
die Richtung der Resultierenden ergibt das Scheinlot,
 S = Schwerpunkt des Fahrzeugs bei Kurvenneigung.
 S' = Schwerpunkt des Fahrzeugs ohne Kurvenneigung,

35 Z = Zentrifugalkraft,
 FH = Fahrzeughochachse,
 FQ = Fahrzeugquerachse,
 MZ = Momentanzentrum,
 RL = Linke Radkraft,

40 RL = Rechte Radkraft,
 b = Spurweite des Fahrzeugs,
 h = Höhe des Schwerpunktes über der Fahrbahn ohne Kurvenneigung,

k = Neigungswinkel des Fahrzeugs,
 v = Seitliche Verschiebung des Schwerpunktes bei Kurvenneigung,

45 df = Unterschied der "Einfederung" der Räder bei Kurvenneigung.

1 = Fahrgestell I,

2 = Linke Radführung,

3 = Rechte Radführung,

4 = Federelement,

5 = Federelement.

Fig. 2 stellt die Kräfteverhältnisse an einem mehrspurigen Fahrzeug mit einem Ausgleichshebel als Ausgleichsvorrichtung entspr. Anspruch 6 bei Kurvenfahrt und positiver Kurvenneigung dar: (siehe auch "Definitionen und Erläuterungen zur Fahrodynamik" am Ende der Beschreibung):

60 6 = Ausgleichshebel,

7 = Bewegliche Anschlüsse für elastische Arretierung.

Fig. 3 stellt eine mögliche Ausführungsform einer Achskonstruktion entspr. Anspruch 6 mit einem Ausgleichshebel (6) als Ausgleichsvorrichtung dar:
65 Die Radführungen sind als Längsschwingarme (2, 3) mit der Schwingenachse (SA) ausgeführt, der Ausgleichshebel (6) ist in einer horizontal ausgerichteten Drehachse (DK) gelagert. Die Anschlüsse (7) der elastischen Arre-

tierung sitzen auf dem Lagerrohr (10) und werden mit dem Handhebel (9) um die Achse (AA) verschwenkt. Die elastischen Anschläge (7) treffen bei eingelegter Arretierung außermittig auf den Ausgleichshebel. Wird der Ausgleichshebel aus seiner Ruhelage verdreht, erzeugt die Druckkraft der Anschläge auf den Ausgleichshebel ein Rückstellmoment, das auf das Fahrzeug als Aufrichtmoment wirkt. Die Anschläge können durch die Handbetätigung (9) so geschwenkt werden, daß sie den Ausgleichshebel nicht mehr berühren. Dadurch wird die elastische Arretierung gelöst.

AA = Drehachse der elastischen Arretierung,

BL = Befestigungspunkt des Federelementes an der linken Radführung,

BR = Befestigungspunkt des Federelementes an der rechten Radführung,

DK = Drehachse des Ausgleichshebels,

SA = Schwingenachse,

9 = Handhebel zum Betätigen der elastischen Arretierung,

10 = Lagerrohr der elastischen Arretierung.

Fig. 4 stellt eine mögliche Ausführungsform einer Achskonstruktion entspr. Anspruch 4 oder 5 mit einem Ausgleichshebel (6) als Ausgleichsvorrichtung dar: Die Radführungen sind als Längsschwingarme (2, 3) mit der Schwingenachse (SA) ausgeführt, der Ausgleichshebel (6) ist in einer um den Winkel (n) geneigten Drehachse (DK) gelagert. Dabei ist diese Drehachse (DK) dieser Lagerung im Wesentlichen senkrecht zu der Ebene ausgerichtet, die durch die Tangenten (TB) an die Bahnkurve (BK) der Befestigungspunkte (BL, BR) der Federelemente (4, 5) an den Radführungen (2, 3) aufgespannt wird, wenn sich die Radführungen um kleine Beträge um ihre Ruhelage verschieben. Da in dieser Ausführungsform die Radführung durch eine Längsschwinge dargestellt wird, steht die Tangente (TB) an die Bahnkurve (BK) senkrecht zur kürzesten Verbindungslinie (VB) des Befestigungspunktes mit der Schwingenachse (= das Lot, das von dem Befestigungspunkt auf die Schwingenachse gefällt wird). Da die von der rechten und linken Tangente aufgespannte Ebene senkrecht zur Achse (DK) steht, bedeutet das, daß, daß die Drehachse (DK) parallel zur Verbindungslinie (VB) ausgerichtet ist, beide schließen mit der Horizontalen den Winkel (n) ein.

BK = Bahnkurve des Befestigungspunktes (BL) bei Bewegungen des Schwingarmes (2),

TB = Tangente an die Bahnkurve, wenn sich der Schwingarm in der Ruhelage befindet,

VL = kürzeste Verbindungslinie des Befestigungspunktes (BL) mit der Schwingenachse (SA),

n = Winkel, den die Verbindungslinie (VL) bzw. die Drehachse (DK) mit der Horizontalen einschließen.

Fig. 5 stellt eine besondere Ausführungsformen der Achskonstruktion nach Anspruch 16 dar:

Der Ausgleichshebel ist durch die beiden Gummipuffer (11) mit den als Längsschwingen ausgeführten Radführungen (2, 3) verbunden. Der Ausgleichshebel wird zum Fahrgestell durch ein Federelement (12) und die elastischen Anschlüsse (13) und (14) abgestützt.

Damit können die folgenden Fahrzeugeigenschaften erreicht werden:

- Wenn der Fahrer das Fahrzeug verlassen hat, wird der Ausgleichshebel (8) durch das Federelement (12) nach unten gezogen und liegt auf den beiden steifen, außermittig angebrachten Anschlägen (14) auf. Dadurch kippt das Fahrzeug dann

nicht mehr um.

- Besteigt der Fahrer das Fahrzeug, kommt der Ausgleichshebel an dem mittig angebrachten elastischen Anschlag (13) zur Anlage. Er kann um diesen Anschlag geschwenkt werden, so daß ein Fahrverhalten ohne Aufrichtmoment möglich ist. Durch eine auf den Ausgleichshebel einwirkende elastische Arretierung, die schwenkbaren elastischen Anschlüsse (7), kann auch ein Fahrverhalten mit und ohne Aufrichtmoment ermöglicht werden.

8 = Ausgleichshebel,

11 = Gummipuffer mit an vulkanisierten Befestigungselementen,

12 = Federelement mit geringer Federsteifigkeit und hoher Vorspannung,

13 = Zentraler elastischer Anschlag oben,

14 = Außermittige, steife elastische Anschlüsse unten.

20 Fig. 6 stellt eine mögliche Ausführungsform einer Achskonstruktion entspr. Anspruch 24 dar: Die Radführung besteht aus einem Schwingarm (2, 3). Der Seilzug besteht aus dem unteren Halteseil (15) und dem oberen Halteseil (19). Die Seile werden durch die Umlenkrollen (16) bzw. (20) geführt, die in den Punkten (RU) bzw. (RO) am Fahrgestell befestigt sind. Das Federelement (17) wird an der Radführung durch eine Hilfsschwinge (18) abgestützt, damit der Seilzug in einer definierten Lage gehalten wird. Die Vorspannung im Seilzug kann durch eine bewegliche Umlenkrolle (22) eingestellt werden. Da der Abstand des Befestigungspunktes (B) des Seilzuges an der Radführung relativ weit von der Schwingenachse (SA) entfernt ist, wirken auf den Seilzug die Umlenkrollen (16, 20, 21, 22) und deren Befestigungen am Fahrzeugrahmen (1) nur relativ kleine Kräfte ein. Dadurch können diese Bauteile leichter ausgeführt werden.

B = Befestigungspunkt für unteres Halteseil und oberes Halteseil HA = Drehachse für Hilfsschwinge,

RU = Befestigungspunkt für Umlenkrolle für unteres Halteseil,

RO = Befestigungspunkt für Umlenkrolle für oberes Halteseil,

15 = unteres Halteseil,

16 = Umlenkrolle für unteres Halteseil,

17 = Federelement,

18 = Hilfsschwinge,

19 = oberes Halteseil,

20 = Umlenkrolle für oberes Halteseil,

21 = Umlenkrolle für oberes Halteseil,

22 = Spannrolle.

Fig. 7 stellt eine mögliche Ausführungsform einer Achskonstruktion entspr. Anspruch 36 dar:

Die Ausgleichsleitung (24) verbindet die Druckbehälter (25, 26), sie kann durch das Ausgleichsperrventil unterbrochen werden. Fig. 7 stellt zusätzlich eine mögliche Ausführungsform einer elastischen Arretierung dar, die an der Radführung angreift, entspr. Anspruch 3, 10, oder 47: Mit dem Handhebel (29) können über das Kniehebelgelenk (31) die auf dem Lagerrohr (30) befestigten elastischen Anschlüsse (28) so um die Achse (AA) verschwenkt werden, daß sie die Radführung nicht mehr beeinflussen. Die Handbetätigung ist durch das Kniehebelgelenk (31) in mindestens zwei Stellungen ("Arretierung eingelegt" und "Arretierung nicht eingelegt") selbsthaltend. Ist die Arretierung eingelegt, erhöht sich die Druckkraft des elastischen Anschlags (28) auf die Radführung, die bei Schräglage weiter "eingefedert" ist.

Dadurch ergibt sich ein Aufrichtmoment für das Fahrzeug.

AA = Drehachse der elastische Arretierung,

24 = Ausgleichsleitung,

25 = Druckbehälter,

26 = Druckbehälter,

27 = Ausgleichssperrventil,

28 = elastische Anschläge der elastische Arretierung,

29 = Betätigungshebel,

30 = Lagerrohr,

31 = Kniehebelgelenk,

47 = Befüll- und Entleerungsventil.

Fig. 6 stellt eine mögliche Ausführungsform einer Achskonstruktion entspr. Anspruch 46:

Die Ausgleichsleitung (32) verbindet die Hydraulikzylinder (33, 34) miteinander und mit den Druckluftbehältern (35). Durch die Federungssperrventile (36) kann diese Verbindung unterbrochen werden. Die Druckluftbehälter sind durch eine Membran (37) geteilt. In dem 2. Teilraum befindet sich ein bestimmtes Luftvolumen als Federelement. Die Ausgleichsleitung (32) kann durch das Dreiwegventil (40) ganz unterbrochen oder in den Differenzdruckerzeuger (43) umgeleitet werden. Dort wird entsprechend dem Unterschied der aus den beiden Hydraulikzylindern verdrängten Flüssigkeitsmengen 25 der Kolben (44) verschoben. Durch die Druckkraft der Federn (45) wird ein Gegendruck erzeugt, der ein Aufrichtmoment zur Folge hat. Mit der Druckpumpe (42) und /oder dem Befüll- und Entleerungsventil (41) kann die Flüssigkeitsmenge im Hydrauliksystem und damit 30 die Bodenfreiheit des Fahrzeugs verändert werden. Durch die Befüll- und Entleerungsventile (38) kann die Luftmenge in den Druckluftbehältern und damit die Federsteifigkeit verändert werden.

32 = Ausgleichsleitung,

33 = Hydraulikzylinder,

34 = Hydraulikzylinder,

35 = Druckluftbehälter,

36 = Federungssperrventil,

37 = Membran,

38 = Befüll- und Entleerungsventil (Luft),

40 = Dreiwegventil mit Funktion auch als Ausgleichssperrventil,

41 = Befüll- und Entleerungsventil (Hydraulik),

42 = Druckpumpe,

43 = Differenzdruckerzeuger,

44 = Kolben,

45 = Federn.

Fig. 9 stellt eine mögliche Ausführungsform einer Achskonstruktion entspr. Anspruch 62:

Am Fahrzeug ist ein Neigungssensor (48) angebracht, der die Winkelabweichung der Fahrzeughochachse vom Scheinlot erfäßt und ein Signal, das Istwertsignal, an einen Regler (49) leitet, der daraus ein Stellsignal erzeugt, das an ein Stellglied (51) weitergegeben wird. Das Stellglied ist z. B. eine Hydraulikpumpe, die in beiden Richtungen fördern kann und in die Ausgleichsleitung parallel zum Ausgleichssperrventil geschaltet ist. Das Ausgleichssperrventil ist ersetzt durch ein Dreiwegventil mit elektrischem Stellantrieb (51),

48 = Neigungssensor,

49 = Regler,

50 = Stellglied,

51 = elektrischer Stellantrieb für Dreiwegventil.

Erläuterungen und Definitionen zur Fahrdynamik

In erster Näherung und bei Annahme einer linearen

Federkennung verhält sich ein Fahrgestell mit unabhängiger Einzelradaufhängung unter Einfluß einer Seitenkraft, als würde es um eine Drehachse gekippt, die etwa auf der Fahrbaunoberfläche in der Mitte zwischen den

5 Reifenaufstandspunkten liegt und parallel zur Fahrzeulgängsachse ausgerichtet ist. Diese Drehachse wird im Folgenden "Momentanzentrum" genannt. Bei einem zweiradähnlichen Fahrbetrieb werden die bei Kurvenfahrt auftretenden Fliehkräfte dadurch kompensiert,

10 daß sich das Fahrzeug zur Kurveninnenseite neigt. Ein mehrspuriges Fahrzeug wird dabei um das Momentanzentrum zur Kurveninnenseite geneigt, bis die Fahrzeughochachse parallel (mit kleinen Abweichungen) zu der Resultierenden aus Schwerkraft und Fliehkraft (i.F.

15 "Scheinlot" genannt) ausgerichtet ist. Diese Schräglage des Fahrzeugs wird i.F. "positive Kurvenneigung" genannt. In diesem quasistationären Fahrzustand, wenn das Fahrzeug um den Neigungswinkel (k) geneigt ist, müssen die im Folgenden aufgeführten Momente um das Momentanzentrum (MZ) im Gleichgewicht sein: (siehe Fig. 1)

1. Das "Gewichtsmoment", das hervorgerufen wird durch das im Fahrzeugschwerpunkt angreifende Gewicht (G). Das Gewichtsmoment hängt ab von

- dem Gewicht (G) des Fahrzeugs,
- der Verschiebung (v) des Schwerpunktes (S) weg von seiner Ruhelage (S') vertikal über dem Momentanzentrum (MZ), wobei die Verschiebung (v) ihrerseits abhängt von,

- der Höhe (h') des Schwerpunktes (S') über der Fahrbaahn bei Ruhelage des Fahrzeugs,

- dem Neigungswinkel (k) als Maß für die Schräglage des Fahrzeugs.

Das Gewichtsmoment kippt das Fahrzeug zur Kurveninnenseite.

2. Das "Zentrifugalmoment", das hervorgerufen wird durch die im Fahrzeugschwerpunkt angreifende Fliehkraft (F). Das Zentrifugalmoment ist abhängig von

- der Fliehkraft (F), die ihrerseits abhängt von,
- dem Gewicht (G) des Fahrzeugs,
- dem Kurvenradius und der Fahrgeschwindigkeit,

- der Höhe (h) des Schwerpunktes (S) über der Fahrbaahn, die ihrerseits abhängt von,

- der Höhe (h') des Schwerpunktes (S') über der Fahrbaahn bei Ruhelage des Fahrzeugs,

- dem Neigungswinkel (k) als Maß für die Schräglage des Fahrzeugs.

Das "Zentrifugalmoment" kippt das Fahrzeug zur Kurvenaußenseite.

3. Das "Aufrichtmoment", das dadurch erzeugt wird, daß bei Schräglage die Radkräfte auf der Fahrzeugeite, nach der das Fahrzeug gekippt wird, größer sind als auf der anderen Seite. Unter "Radkraft" ist dabei die auf das Fahrzeug einwirkende Reaktionskraft (Auflagerkraft) zu verstehen, die durch die Kraft erzeugt wird, mit der das Rad durch die Radführung auf die Fahrbaahn gedrückt wird.

Das Aufrichtmoment hängt ab

- der Spurweite (b) des Fahrzeugs,
- von dem Unterschied der Linken Radkraft (RL) von der rechten Radkraft (RR), der seinerseits abhängt von,
 - der Federsteifigkeit der Radaufhängung, 5
 - von dem Unterschied (df) der Einfederung des Rades auf der rechten Fahrzeugseite zu der Einfederung des Rades auf der linken Fahrzeugseite, der seinerseits abhängt von,
 - der Spurweite (b),
 - dem Neigungswinkel (k).

Das Aufrichtmoment kippt das Fahrzeug in Richtung 15 seiner Ruhelage, d.h. bei positiver Kurvenneigung zur Kurvenaußenseite.

Die Summe dieser drei Momente muß Null ergeben, d.h. das Gewichtsmoment muß ebenso groß sein wie Zentrifugalmoment und Aufrichtmoment zusammen. 20 Bezeichnet man die Differenz (Gewichtsmoment minus Aufrichtmoment) als "Neigungsmoment", so muß also das Neigungsmoment ebenso groß sein wie das Zentrifugalmoment.

Ist das Aufrichtmoment bei jeder Schräglage größer 25 als das Gewichtsmoment, dann ist ein Fahrbetrieb mit positiver Kurvenneigung nicht möglich. Im Stillstand kippt das Fahrzeug nicht um. Eine solche Fahrgestellauslegung wird im Folgenden als "Stillstand-stabil" bezeichnet. 30

Patentansprüche

1. Lenkbare, mehrspuriges Fahrzeug mit drei oder vier Rädern, bei dem diejenigen Räder, die außermittig angeordnet sind, durch Vorrichtungen (im Folgenden "Radführungen" genannt) beweglich mit dem Fahrzeugrahmen verbunden sind und auf einer eindeutig bestimmten Bahnkurve geführt werden, wobei 35

- die Radführungen von je einem Rad auf der linken und auf der rechten Fahrzeugseite (diese beiden Räder werden i.F. "Radpaar" genannt) so angeordnet sind, daß die Verbindungsline von einander entsprechenden Kurvenpunkten der beiden durch die Radführungen bestimmten Bahnkurven (z.B. oberer Endpunkt der linken und der rechten Bahnkurve) im Wesentlichen parallel zur Fahrzeugquerachse ausgerichtet sind, 45

- der Abstand der Bahnkurven, die durch die Radführungen eines Radpaars bestimmt werden und auf denen sich die Räder beim "Ein-" und "Ausfedern" bewegen, im Wesentlichen immer gleich bleibt, 50

- keine mechanische oder sonstwie kraftübertragende Verbindung besteht zwischen den bewegten Teilen der Radführungen der Räder auf der rechten Fahrzeugseite mit den bewegten Teilen der Radführungen der Räder auf der linken Fahrzeugseite, außer über die Befestigung der Lagerung der Radführung am Fahrzeugrahmen und über die Abstützung der Radführung am Fahrzeugrahmen durch elastische Federelemente oder sonstige Vorrichtungen, (im Folgenden wird eine derartige Radführung als "unabhängige Einzelradaufhängung" bezeichnet). 60

- der Federsteifigkeit der Radaufhängung, 65
- von dem Unterschied (df) der Einfederung des Rades auf der rechten Fahrzeugseite zu der Einfederung des Rades auf der linken Fahrzeugseite, der seinerseits abhängt von,
 - der Spurweite (b),
 - dem Neigungswinkel (k).

– bei den nicht lenkbaren Rädern die Ausrichtung der Radachsen beim "Ein- und Ausfedern" im Wesentlichen immer parallel zur Fahrzeugquerachse bleibt,

– bei den lenkbaren Rädern die Ausrichtung der Lenkachse in dem durch die Fahrzeugachsen auf gespannten Koordinatensystem beim "Ein- und Ausfedern" im Wesentlichen immer gleich bleibt, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale: (siehe Fig. 1)

– Bei den außermittig angeordneten Rädern ist der durch die Radführungen ermöglichte vertikale Bewegungsspielraum der Räder (i.F. "Radhub" genannt) mindestens ebenso groß wie der seitliche Abstand der Räder eines Radpaars von Reifenmitte zu Reifenmitte (i.F. "Spurweite" (b) genannt). Dadurch kann das Fahrzeug, wenn ein Rad ganz "eingefedert" und ein Rad ganz "ausgefedert" ist, eine Schräglage von mehr als 45 Grad einnehmen;

– Die Spurweite (b) der außermittig angeordneten Radpaare, die Steifigkeit der elastischen Federelemente (4, 5), auf denen sich die Radführung (2, 3) gegen den Fahrzeugrahmen (1) abstützt und die Höhe (h) des Schwerpunktes (S) über der Fahrbahn bei voll belastetem Fahrzeug sind so gewählt, daß im Stillstand des Fahrzeugs bei zunehmender Schräglage auch das Neigungsmoment zunimmt. (Im Folgenden wird eine solche Fahrgestellauslegung als "Stillstand-instabil" bezeichnet). Dabei ist als "Schräglage" eine Verdrehung des Fahrzeugs um das Momentanzentrum (MZ) zu verstehen, wobei das Momentanzentrum eine virtuelle Drehachse darstellt, die parallel zur Fahrzeulgängsachse ausgerichtet ist und etwa auf der Fahrbahnoberfläche in der Mitte zwischen den außermittig angeordneten Rädern liegt. Ist die Fahrzeugquerachse (FQ) horizontal bzw. die Fahrzeughochachse (FH) vertikal ausgerichtet, ist keine Schräglage vorhanden. Unter "Neigungsmoment" ist die Differenz: "Gewichtsmoment" minus "Aufrichtmoment" zu verstehen, wobei als "Gewichtsmoment" das Drehmoment um das Momentanzentrum (MZ) bezeichnet wird, das durch das im Schwerpunkt (S) angreifende Fahrzeuggewicht (G) erzeugt wird, wenn der Schwerpunkt durch die Schräglage aus seiner Ruhelage (S') vertikal über dem Momentanzentrum verschoben wird, während unter "Aufrichtmoment" das Drehmoment um das Momentanzentrum zu verstehen ist, das dadurch erzeugt wird, daß bei Schräglage die Radkräfte auf der Fahrzeuseite, nach der das Fahrzeug gekippt wird, größer sind als auf der anderen Seite.

Unter "Radkraft" ist dabei die auf das Fahrzeug einwirkende Reaktionskraft (Auflagerkraft) zu verstehen, die durch die Kraft erzeugt wird, mit der das Rad durch die Radführung auf die Fahrbahn gedrückt wird.

Ist das Neigungsmoment positiv, dann kann bei Kurvenfahrt und ausreichend großer Schräglage das durch die Fliehkraft (Z) erzeugte Drehmoment um das Momentanzentrum (i.F. "Zentrifugalmoment" genannt) durch das Neigungsmoment kompensiert werden.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, gekennzeichnet

durch die folgenden Merkmale:

- An den Radführungen eines Radpaars sind lösbar Arretierungen angebracht, vorzugsweise in Form von beweglichen elastischen oder starren Anschlägen, die so angeordnet und in ihrer Steifigkeit so bemessen sind, daß, wenn sie eingelegt sind, das Fahrzeug bei voller Belastung im Stillstand nicht mehr umkippen kann.

3. Fahrzeug nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Die Anschläge (28) (siehe Fig. 7), die als Arretierung auf die Radführungen einwirken, sind schwenkbar auf einer Welle (30) gelagert, die durch einen Handhebel (29) über ein an sich bekanntes Kniehebelgelenk (31) in zwei Stellungen, die in zwei Stellungen fest positioniert werden kann:

— In der einen Stellung berühren die Anschläge die Radführung nicht, sie kann sich also frei bewegen.

— In der anderen Stellung drücken die Anschläge in einem gewissen Abstand von der Lagerung der Radführung so auf die Radführung, daß ein Rückstellmoment erzeugt wird, wenn sie sich aus der Ruhelage weg bewegt. Dabei wird als "Ruhelage" einer Radachse oder Radführung die Stellung der Radachse bzw. Radführung im fahrzeugfesten Koordinatensystem bezeichnet, die sie bei voll belastetem Fahrzeug ohne Schräglage einnimmt.

4. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3 (siehe Fig. 2, 3, 4) gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Die Federelemente (4, 5), auf die sich die Radführungen (2, 3) eines Radpaars abstützen, stützen sich ihrerseits auf je einen Schenkel eines an sich bekannten, symmetrischen Doppelhebels (i. F. "Ausgleichshebel" (6) genannt) ab, der in seiner Mitte mit dem Fahrzeugrahmen (1) drehbar verbunden ist. Die Drehachse (DK) dieser Lagerung ist im wesentlichen senkrecht zu der Ebene ausgerichtet, die durch die Tangenten (TB) an die Bahnkurve (BK) der Befestigungspunkte (BL, BR) der Federelemente (4, 5) an den Radführungen (2, 3) aufgespannt wird, wenn sich die Radführungen um kleine Beträge um ihre Ruhelage verschieben. Die Drehachse der Lagerung des Ausgleichshebels liegt zudem in der vertikalen Fahrzeug-Symmetrieebene, die durch Fahrzeughoch- und Fahrzeuglängsachse aufgespannt wird.

— Der Ausgleichshebel ist in seiner Drehbewegung um die Drehachse (DK) arretierbar. Diese Arretierung wird im Folgenden "starre Arretierung" genannt.

5. Fahrzeug nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, (siehe Fig. 4) gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Bei den außermittig angeordneten Rädern ist der Radhub größer als die Spurweite (b) des Radpaars.

— Die Federelemente (4, 5), auf die sich die Radführungen (2, 3) eines Radpaars abstützen, stützen sich ihrerseits auf je einen Schenkel eines symmetrischen, an sich bekannten Doppelhebels (i.F. "Ausgleichshebe" (6) ge-

nannt) ab, der in seiner Mitte mit dem Fahrzeugrahmen (1) drehbar verbunden ist. Die Drehachse (DK) dieser Lagerung ist im wesentlichen senkrecht zu der Ebene ausgerichtet, die durch die Tangenten (TB) an die Bahnkurve (BK) der Befestigungspunkte (BL, BR) der Federelemente (4, 5) an den Radführungen (2, 3) aufgespannt wird, wenn sich die Radführungen um kleine Beträge um ihre Ruhelage verschieben. Sie liegt zudem in der vertikalen Fahrzeug-Symmetrieebene, die durch Fahrzeughoch- und Fahrzeuglängsachse aufgespannt wird. Der Ausgleichshebel ist in seiner Drehbewegung um die Drehachse (DK) arretierbar (Starre Arretierung).

— Die Spurweite (b) der außermittig angeordneten Radpaare, die Steifigkeit der elastischen Federelemente (4, 5), auf denen sich die Radführungen (2, 3) gegen den Ausgleichshebel (6) abstützen und die Höhe (h) des Schwerpunktes über der Fahrbahn bei voll belastetem Fahrzeug sind so gewählt, daß im Stillstand bei voller Belastung und bei arretiertem Ausgleichshebel das Aufrichtmoment bei jeder Schräglage größer ist als das Gewichtsmoment; das Neigungsmoment ist dann definitionsgemäß negativ, das Fahrzeug richtet sich also aus der Schräglage von selbst auf. Im Folgenden, wird eine solche Fahrgestellauslegung als "Stillstand-stabil" bezeichnet.

6. Fahrzeug nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Der Ausgleichshebel kann durch eine Betätigungsvorrichtung so mit einem elastischen Bauelement verbunden werden, daß bei einer Verdrehung des Ausgleichshebels aus seiner Mittellage ein auf den Ausgleichshebel wirkendes Rückstellmoment erzeugt wird.

— Die Federsteifigkeit der elastischen Arretierung des Koppelhebels wird so gewählt, daß das Fahrzeug bei eingelegter elastischer Arretierung "stillstand-instabil" ist und ein Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment möglich wird. Im Folgenden wird eine derartige Vorrichtung als "elastische Arretierung" bezeichnet.

7. Fahrzeug nach Anspruch 6, (siehe Fig. 3) gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Die elastische Arretierung des Ausgleichshebels wird durch elastische Anschläge dargestellt, die in zwei Stellungen fest positioniert werden können:

— In der einen Stellung berühren sie den Ausgleichshebel nicht, er kann sich also frei bewegen.

— In der anderen Stellung drücken die Anschläge in einem gewissen Abstand von seiner Drehachse so auf den Ausgleichshebel, daß ein Rückstellmoment erzeugt wird.

8. Fahrzeug nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Die Anschläge der elastischen Arretierung des Ausgleichshebels sind um eine rahmenfeste Drehachse, die parallel zu der Verbindungsline der Befestigungspunkte der Federelemente am Ausgleichshebel bei Ruhelage des Fahrzeugs ausgerichtet ist, schwenkbar gelagert.

9. Fahrzeug nach Anspruch 8, gekennzeichnet

durch die folgenden Merkmale:

- Die Positionierung der elastischen Anschlüsse erfolgt durch ein an sich bekanntes Kniehebelgelenk.

10. Fahrzeug nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- An den beiden Radführungen eines Radpaars wird je eine elastische Arretierung in Form einer lösbarer zusätzlichen Abstützung der Radführung am Fahrzeughrahmen durch ein elastisches Federelement angebracht.
- Befestigungspunkte, Steifigkeit und Verformbarkeit der Federelemente sind so ausgelegt,
- daß bei einer vertikalen Verschiebung der Radachse aus ihrer Ruhelage ("Ein- bzw. Ausfedern") eine auf die Radführung wirkende Rückstellkraft erzeugt wird. Diese Rückstellkräfte bewirken für das Fahrzeug ein Aufrichtmoment.

– Die Verformbarkeit ("Tederweg-") des Federelementes der elastischen Arretierung muß dabei so groß sein, daß die Radführung den gesamten Radhub durchfahren kann.

– Die Steifigkeit des Federelementes der elastischen Arretierung ist so gewählt, daß sich das Fahrzeug, wenn diese Arretierung wirksam und der Ausgleichshebel frei beweglich ist, wie ein Fahrzeug mit Stillstand-instabiler Fahrgestellauslegung verhält, wie es in Anspruch 1 beschrieben ist. (Die starre Arretierung des Ausgleichshebels ist dabei also nicht eingelegt).

11. Fahrzeug nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Der Ausgleichshebel ist mit dem Fahrzeughrahmen nicht durch eine mittig angebrachte Drehachse verbunden, vielmehr sind der Ausgleichshebel und die Verbindungselemente des Ausgleichshebels mit den Radführungen so ausgebildet, daß sich bei verschiedenen Bewegungs- und Belastungszuständen die Lage des Ausgleichshebels gegenüber der Radführung nur in geringem Ausmaß verändert. Die Position des Ausgleichshebels im Fahrzeughfesten Koordinatensystem wird also im Wesentlichen durch die Stellung der beiden mit ihm verbundenen Radführungen bestimmt,

– Der Ausgleichshebel wird gegen das Fahrgestell durch elastische Bauteile abgestützt, die an dem Ausgleichshebel mittig oder außer-mittig symmetrisch befestigt sind und ein Federungsverhalten ermöglichen.

12. Fahrzeug nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Die Abstützung des Ausgleichshebels zum Fahrzeughrahmen erfolgt durch elastische oder starre Anschlüsse, die so angebracht sind, daß sie an dem Ausgleichshebel mittig oder außer-mittig symmetrisch angreifen.

– Die Anschlüsse sind zusätzlich zu den mit dem Ausgleichshebel fest verbundenen Federelementen angebracht oder ersetzen diese.

13. Fahrzeug nach Anspruch 11 oder 12 gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Der Ausgleichshebel wird zusätzlich durch eine elastische Arretierung abgestützt, wie sie in den Ansprüchen 7 bis 9 beschrieben ist.

14. Fahrzeug nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Die Radführungen sind als Schwingarme ausgeführt, die sich um eine rahmenfeste Schwingachse drehen können, die im wesentlichen parallel zu den Radachsen ausgerichtet ist.

– Der Ausgleichshebel ist als rohrähnliches, biegesteifes Bauteil ausgebildet, das an den beiden Enden mit je einem Schwingarm nahe der Schwingenachse über ein elastisches Bau teil verbunden ist.

15. Fahrzeug nach Anspruch 14, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Das elastische Bauteil, das den Schwingarm mit dem Ausgleichshebel verbindet, ist ein Gummipuffer mit an vulkanisierten Befestigungselementen.

– Der Gummipuffer ist so angebracht, daß er im normalen Belastungsfall (= Abstützung der Fahrzeuggewichtes) auf Druck beansprucht wird.

16. Fahrzeug nach Anspruch 15, (siehe Fig. 5) gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Der Ausgleichshebel stützt sich gegen den Rahmen über ein mittig angreifendes Federelement (12) ab, das eine niedrige Federkonstante und eine hohe Vorspannung aufweist.

– Unter dem Ausgleichshebel sind außer-mittig elastische Anschlüsse mit hoher Federsteifigkeit angebracht.

– Über dem Ausgleichshebel ist mittig ein elastischer Anschlag (13) angebracht, dessen Federsteifigkeit so bemessen ist, daß das Fahrzeug das gewünschte Federungsverhalten aufweist.

– Die Vorspannung des Federelementes (12) ist so groß, daß, wenn der Fahrer das Fahrzeug verlassen hat, auch bei voll beladenem Fahrzeug der Ausgleichshebel auf den Anschlägen (14) aufliegt. Die Steifigkeit der Anschläge (14) ist so groß bemessen, daß unter diesen Umständen das Fahrzeug "Stillstand-stabil" ist, also nicht umkippt.

– Der freie Bewegungsspielraum des Ausgleichshebels zwischen den unteren Anschlägen (14) und dem oberen Anschlag (13) ist so groß, daß der Ausgleichshebel (6) die unbehindert die Stellungen einnehmen kann, die sich bei den verschiedenen Schräglagen des Fahrzeugs ergeben.

– Die Federsteifigkeit des Federelementes (12) ist so niedrig, daß, wenn der Fahrer das Fahrzeug besteigt, der Ausgleichshebel so weit nach oben "einfedern" kann, bis er an dem elastischen Anschlag (13) anliegt.

17. Fahrzeug nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Die Vorspannung des Federelementes (12) ist durch eine an sich bekannte Vorrichtung einstellbar.

18. Fahrzeug nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 (siehe Fig. 6) gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Bei den außer-mittig angeordneten Rädern ist der Radhub größer als die Spurweite des Radpaars.

– Die Abstützung der rechten bzw. linken

Radführung eines Radpaars am Fahrzeugrahmen besteht aus einem biegsamen und zugfesten Bauteil, vorzugsweise einem dünnen Stahlseil (i.F. "unteres Halteseil" (15) genannt), das mit dem einen Ende an der Radführung befestigt ist.

— Das untere Halteseil wird über drehbare Umlenkrollen geführt, die am Fahrzeugrahmen fest, schwenkbar, und/oder elastisch befestigt sind. Der Befestigungspunkt (B) des "unteren Halteseils" an der Radführung und der Befestigungspunkt (RU) der Umlenkrolle am Fahrzeugrahmen sind so gelegt, daß

— die Zugrichtung des "unteren Halteseils" im wesentlichen tangential ausgerichtet ist zur Bahnkurve des Befestigungspunktes (B) des Halteseils, wenn sich die Radführung ganz unten befindet, d. h. das Rad ganz "ausgefedorf" ist;

— das "untere Halteseil" gespannt wird, wenn sich die Radführung relativ zum Fahrzeugrahmen nach oben bewegt ("einfedorf").

— Das "untere Halteseil" des linken Radführungs ist mit dem "unteren Halteseil" der rechten Radführung zwischen der rechten und der linken Umlenkrolle (16, 17) zugfest verbunden, bzw. rechtes und linkes "unteres Halteseil" bilden ein Stück (15).

19. Fahrzeug nach Anspruch 18, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Das untere Halteseil ist an der Radführung unter Zwischenschaltung eines Bauteils, das als Federelement wirken und durch elastische Verformung Fahrbahnstöße aufnehmen kann, befestigt.

20. Fahrzeug nach Anspruch 19, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Die Relativbewegungen des Befestigungspunktes (B) des unteren Halteseils gegenüber der Radführung, die er bei einer Verformung des Federelementes (16, 17) ausführt, werden durch eine Vorrichtung so geführt, daß sie im Wesentlichen in der Richtung der Bahnkurve erfolgen, die der Befestigungspunkt (B) bei einer Bewegung der Radführung durchfährt.

21. Fahrzeug nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Die Vorrichtung für die Führung der Relativbewegungen des Befestigungspunktes (B) des unteren Halteseils gegenüber der Radführung besteht in einem Schwingarm, (im Folgenden "Hilfsschwinge" (18) genannt), dessen Schwingachse (HA) parallel zur Radachse (R) ausgerichtet ist.

22. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 18, 19, 20 oder 21, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— An dem Befestigungspunkt (B) des unteren Halteseils wird ein zweites Halteseil (i.F. "oberes Halteseil" (19) genannt) angebracht, das ebenfalls über drehbare, fest oder schwenkbar, vorzugsweise elastisch am Fahrzeugrahmen befestigte Umlenkrollen (20, 21) geführt wird.

— Der Befestigungspunkt (RO) der Umlenkrolle am Fahrzeugrahmen ist so gelegt, daß

— die Zugrichtung des oberen Halteseils im wesentlichen tangential ausgerichtet ist zur Bahnkurve des Befestigungspunktes (B) des

Halteseils, wenn sich die Radführung ganz oben befindet, d. h. das Rad ganz "eingefedorf" ist.

— das obere Halteseil gespannt wird, wenn sich die Radführung relativ zum Fahrzeugrahmen nach unten bewegt ("ausgefedorf").

— Die Länge des oberen Halteseils wird so festgelegt, daß das es gegen das "untere Halteseil" leicht verspannt ist, die Spannkraft dieser Vorspannung sollte etwa dem Gewicht der Räder und Radführungen eines Radpaars entsprechen.

23. Fahrzeug nach Anspruch 22, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Die Länge des oberen oder unteren Halteseils oder die Weglänge dieser Halteseile, die durch die Position der Umlenkrollen bestimmt ist, kann durch eine Einstellvorrichtung verändert werden.

24. Fahrzeug nach Anspruch 23, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Die Einstellvorrichtung zur Veränderung der Vorspannung in dem Seilzug wird durch eine schwenkbare und in jeder Position feststellbare Umlenkrolle (22) dargestellt.

25. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 22, 23 oder 24, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Im Seilzug, an seinen Befestigungspunkten und/oder an den Umlenkrollen werden elastische Glieder vorgesehen, die so angebracht sind, das sie kleine Änderungen in der Seillänge bzw. in der Weglänge des Seilzugs zulassen.

26. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 18, 19, 20 oder 21, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Die Radführung oder das Ende des "unteren Halteseils", das über das Federungselement mit der Radführung verbunden ist, wird durch ein elastisches Bauteil mit dem Fahrzeugrahmen verbunden.

— Dehnbarkeit, Steifigkeit und die Befestigungspunkte sind bei diesem Bauteil so gewählt,

— daß der ganze Radhub durchfahren werden kann und

— daß es bei angehobenem Fahrzeug die Räder etwa in deren Ruhelage halten kann, so daß das "untere Halteseil" gespannt bleibt.

— Durch geeignete Seilführungen wird Vorsorge getroffen, daß das "untere Halteseil" nicht von den Umlenkrollen abfällt.

27. Fahrzeug nach Anspruch 18 bis 26, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— An dem "unteren Halteseil" oder, bei ausreichendem Reibungsbewert und Umschlingungswinkel, an der oder den Umlenkrollen oder an einer eigens zu diesem Zweck angebrachten Umlenkrolle oder an den Radführungen wird eine starre und/oder eine elastische Arretierung angebracht. Dabei ist eine elastische Arretierung dann sinnvoll, wenn das Fahrzeug bei eingelegter starrer Arretierung "Stillstand-stabil" ist.

28. Fahrzeug nach Anspruch 27, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

— Eine starre Arretierung an einer Umlenkrolle wird in Form einer an sich bekannten Scheibenbremse bzw. einer an sich bekannten

- Reibscheibenkopplung dargestellt.
29. Fahrzeug nach Anspruch 27, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- Eine starre Arretierung an einer Umlenkrolle wird in Form einer an sich bekannten Klauenkopplung dargestellt. 5
30. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 27, 28 oder 29, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- Eine elastische Arretierung wird dadurch dargestellt, daß eine geeignete Umlenkrolle 10 durch eine Kupplungsvorrichtung, vorzugsweise eine an sich bekannte Klauenkopplung, mit einem auf Torsion beanspruchten Federlement mit entsprechender Steifigkeit und Verdrehbarkeit trennbar verbunden wird.
 - Die Kupplungsvorrichtung ist so ausgebildet, daß sie nur in der Ruhelage des Fahrzeugs eingelegt bzw. belöst werden kann. 15
31. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 22 bis 30, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale: 20
- Das "untere Halteseil" wird durch eine Gliederkette, vorzugsweise eine Fahrrad- oder Motorradantriebskette (i.F. "untere Haltekette" genannt) ersetzt,
 - Die Umlenkrollen für das "untere Halteseil" 25 werden durch passende, drehbar gelagerte Kettenräder ersetzt, deren Lagerung am Fahrzeugrahmen fest, schwenkbar oder elastisch befestigt ist.
32. Fahrzeug nach dem Oberbegriff von Anspruch 1; gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- Die Radführungen sind als Schwingarme ausgeführt, die sich um eine rahmenfeste Schwingachse drehen können, die im wesentlichen parallel zu den Radachsen ausgerichtet ist. 30
 - Bei den außermittig angeordneten Rädern ist der Radhub größer als die Spurweite des Radpaars.
 - Am linken und rechten Schwingarm ist konzentrisch zur "Schwingenachse", vorzugsweise unter Zwischenschaltung eines elastischen Federelementes, z. B. eines Torsionsstabes, je ein Zahnrad oder ein Segment eines Zahnrades mit Kegelradverzahnung angebracht. 40
 - Diese beiden Kegelräder greifen in ein drittes Kegelrad ein, dessen Drehachse senkrecht zur "Schwingenachse" ausgerichtet und mit dem Fahrzeugrahmen fest verbunden ist, so daß diese drei Kegelräder ein Kegelraddifferential bilden. 45
33. Fahrzeug nach Anspruch 32, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- Die schwingefesten Zahnräder oder Zahnssegmente werden als Stirnräder ausgebildet 50 und greifen auf je ein Untersetzungsgetriebe ein, das den Drehwinkel vergrößert und die Umfangskräfte verringert. Der Ausgang der beiden Untersetzungsgetriebe greift dann wieder auf ein an sich bekanntes Differentialgetriebe, z. B. ein Kegelraddifferential ein.
34. Fahrzeug nach Anspruch 32 bis 33, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- Eines der Zahnräder wird mit einer starren 60 und/oder einer elastischen Arretierung versehen, wie sie bei den Umlenkrollen in Anspruch 27 bis 30 beschrieben ist.

35. Fahrzeug nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, (siehe Fig. 7) gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- Bei den außermittig angeordneten Rädern ist der Radhub größer als die Spurweite des Radpaars.
 - An der rechten und linken Radführung (2, 3) eines Radpaars ist je ein Druckbehälter (25, 26) so angebracht sind, daß er die Radführung zum Fahrzeugrahmen (1) abstützt. Als "Druckbehälter" bezeichnen wir dabei einen in seinem Volumen veränderlichen, druckfesten Behälter, der mit einem flüssigen oder gasförmigen Medium gefüllt ist.
 - Die Befestigungspunkte und die Verformbarkeit eines Druckbehälters sind so gewählt, daß die Radführung den gesamten notwendigen Radhub durchfahren kann.
 - Der Behälter ist so angebracht, daß beim "Einfedern" der Radführung der Behälter und das darin befindliche flüssige oder gasförmige Medium zusammengedrückt werden.
 - Der rechte und der linke Druckbehälter sind durch eine, Verbindungsleitung (i.F. "Ausgleichsleitung" genannt) miteinander hydraulisch bzw. pneumatisch verbunden.
 - Die beiden Druckbehälter (25, 26) sind gleich.
 - Der wirksame Querschnitt eines Behälters verändert sich nicht wesentlich, wenn der Behälter durch die Radführung zusammengedrückt oder gedehnt wird.
 - An den Druckbehältern oder der Ausgleichsleitung ist ein an sich bekanntes Befüll- und Entleerungsventil angebracht.
36. Fahrzeug nach Anspruch 35, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- Die Ausgleichsleitung ist mit einem an sich bekannten Abspererventil (i.F. "Ausgleichssperrventil" genannt) versehen.
37. Fahrzeug nach Anspruch 36, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- Der Druckbehälter ist als flexibler, druckfester und elastischer Behälter ausgebildet, der bei Druckerhöhung auch sein Volumen entsprechend seiner Elastizität vergrößert.
 - Der Druckbehälter ist mit einem flüssigen Medium gefüllt.
38. Fahrzeug nach Anspruch 37, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- Das Befüll- und Entleerungsventil ist über eine an sich bekannte Druckpumpe mit einem Vorratsbehälter für Hydraulikflüssigkeit verbunden.
39. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 37 oder 36, (siehe Fig. 8) gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:
- Die beiden Druckbehälter an einem Radpaar sind ersetzt durch zwei an sich bekannte Hydraulikzylinder (33, 34).
 - Die Befestigungspunkte und der Hub eines Hydraulikzylinders sind so gewählt, daß die Radführung den gesamten notwendigen Radhub durchfahren kann.
 - Der Hydraulikzylinder ist so angebracht, daß beim "Einfedern" der Radführung das Volumen des Arbeitsraumes der Hydraulikzylinders verringert wird.

– Jeder Hydraulikzylinder (33, 34) ist mit je einem weiteren an sich bekannten druckfesten Behälter (im Folgenden "Druckluftbehälter" (35, 36) genannt) hydraulisch verbunden. In dem Druckluftbehälter befindet sich, durch eine Membran (37, 38) oder eine andere geeignete Vorrichtung von der Hydraulikflüssigkeit abgetrennt, eine bestimmte Menge eines gasförmigen Mediums, vorzugsweise Luft, das durch seine Kompressibilität ein Federungsverhalten des Fahrzeugs ermöglicht.

40. Fahrzeug nach Anspruch 39, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Der Durchluftbehälter bildet mit dem Hydraulikzylinder eine konstruktive Einheit.

41. Fahrzeug nach Anspruch 39 oder 40, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Der mit Gas befüllten Raum des Druckluftbehälters ist mit einem an sich bekanntes Befüll- und Entleerungsventil (39, 40) pneumatisch verbunden.

42. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 39 bis 41, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Die hydraulische Verbindung zwischen Hydraulikzylinder und Druckluftbehälter kann durch ein Absperrventil (i.F. "Federungssperrventil" (41, 42) genannt) unterbrochen werden.

43. Fahrzeug nach Anspruch 42, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Die Betätigungsvorrichtungen der beiden Federungssperrventile eines Radpaars werden so miteinander gekoppelt, daß sie gemeinsam betätigt werden können.

44. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 39 bis 43, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Die Höhe des Schwerpunktes bei vollbeladenem Fahrzeug, die Spurweite und die Steifigkeit der Federung der Radführung, sind so gewählt, daß bei geschlossenem Ausgleichssperrventil das Fahrzeug "Stillstandstabil" ist. Dabei wird die Federsteifigkeit der Radführung mitbestimmt durch die aktive Querschnittsfläche der Hydraulikzylinder und die Luftmenge in den Druckluftbehältern.

– In der Ausgleichsleitung ist parallel zum Ausgleichssperrventil eine Vorrichtung (i.F. "Differenzdruckerzeuger" genannt) angeschlossen, die zwischen dem rechten und dem linken Hydraulikzylinder einen Druckunterschied erzeugt, der proportional ist zu der Differenz der Flüssigkeitsvolumina, die vom linken und rechten Hydraulikzylinder herausgedrückt bzw. angesaugt werden. Der Differenzdruckerzeuger ist dabei so angeschlossen, daß bei dem Hydraulikzylinder ein Oberdruck entsteht, bei dem mehr Flüssigkeit herausgedrückt wird, dessen Radführung also weiter "einfedert".

– Der Differenzdruckerzeuger ist so ausgelegt, daß bei geschlossenem Ausgleichssperrventil das Fahrzeug "Stillstand-instabil" ist und ein Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment möglich ist.

45. Fahrzeug nach Anspruch 44, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Der Differenzdruckerzeuger besteht aus einem Hydraulikzylinder (43), in dem sich ein frei beweglicher Kolben (44) befindet. Der Kolben

teilt den Zylinder in zwei Kammern, die jeweils mit einem der beiden Rad-Hydraulikzylinder (33, 34) verbunden sind.

– An dem Kolben greifen Federn (45) an, die den Kolben im Zylinder in seiner Mittellage halten und bei einer Verschiebung des Kolbens von der Mittellage weg eine Rückstellkraft erzeugen. Diese Rückstellkraft erzeugt einen Druckunterschied, der von der Kolbenfläche abhängt.

46. Fahrzeug nach Anspruch 44 oder 45, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Das Ausgleichssperrventil wird durch ein Dreiwegventil (46) ersetzt mit den drei Schaltstellungen:

- Ausgleichsleitung offen,
- Ausgleichsleitung und Differenzdruckerzeuger abgesperrt,
- Ausgleichsleitung läuft über Differenzdruckerzeuger.

47. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 39 bis 43, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Die Fahrgestellauslegung ist so gewählt, daß bei geschlossenem Ausgleichssperrventil das Fahrzeug "Stillstand-stabil" ist.

– An dem Fahrzeughrahmen ist eine elastische Arretierung, die an den Radführungen eines Radpaars angreift, angebracht, wie sie in Anspruch 10 beschrieben ist.

– Die Federsteifigkeit der elastischen Arretierung wird so gewählt, daß bei offener Ausgleichsleitung das Fahrzeug "Stillstand-instabil" ist und ein Fahrbetrieb mit Aufrichtmoment möglich ist.

48. Fahrzeug nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 (siehe Fig. 9) gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Auf die Radführungen eines Radpaars des Fahrzeugs wirkt ein Regelungssystem ein, das die Aufgabe hat, die Hochachse des Fahrzeuges nach dem Scheinlot auszurichten.

– Am Fahrzeug ist ein an sich bekannter Neigungssensor (48) angebracht, der die Winkelabweichung der Fahrzeughochachse vom Scheinlot erfaßt und ein Signal (i.F. "Istwertsignal" genannt) ausgeben kann, das vorzeichenbehaftet und proportional ist zur Winkelabweichung der Fahrzeughochachse vom Scheinlot in der Ebene, die von Fahrzeugquerund Fahrzeughochachse auf gespannt wird.

– Das Istwertsignal wird an einen an sich bekannten Regler (49) geleitet, der daraus ein Stellsignal erzeugt, das an ein Stellglied (51) weitergegeben wird.

– Das Stellglied wirkt auf die Radführungen eines Radpaars so ein, daß das Fahrzeug um seine Längsachse verdreht ("gekippt") wird. Dabei ist das Stellglied so ausgebildet, daß durch die erzeugte Kippung des Fahrzeugs die Abweichung der Fahrzeughochachse vom Scheinlot verringert wird.

49. Fahrzeug nach Anspruch 48, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

– Das Stellglied des Regelungssystems wirkt unter Zwischenschaltung eines elastischen Gliedes, das der Radführung ein Federungsverhalten erlaubt, auf die Radführung ein.

50. Fahrzeug nach Anspruch 49, gekennzeichnet

durch die folgenden Merkmale:

- Das elastische Glied, das die Bewegung des Stellgliedes auf die Radführung überträgt, wird durch eine Führungsvorrichtung geführt.
- Die Lagerung der Führungsvorrichtung ist entweder mit dem Fahrzeugrahmen oder mit der Radführung verbunden.
- Die Führungsvorrichtung und/oder das Stellglied weisen elastische oder feste Anschläge auf, die die Bewegung der Führungsvorrichtung bzw. des Stellgliedes begrenzen.

51. Fahrzeug nach Anspruch 48, 49 oder 50, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Das Regelsystem erfaßt auch die Bewegungen der beiden Radführungen gegenüber dem Fahrzeugrahmen bzw. die Bewegungen der Führungsvorrichtungen für das Federelement gegenüber dem Fahrzeugrahmen durch Sensoren.
- In einer Kaskadenregelung können dann die Radführungen durch eine Lageregelung positioniert werden, wobei der Sollwert der Lageregelung aus der gemessenen Abweichung der Fahrzeughochachse vom Scheinlot bestimmt wird unter Berücksichtigung der vorzugsweise einstellbaren Endwerte (= obere und untere Begrenzung des Bewegungsspielraumes des Radhubes).

52. Fahrzeug nach Anspruch 48 oder 51 und einem der Ansprüche 5 bis 10, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Das Stellglied des Regelungssystems wirkt nicht auf die Radführungen bzw. Führungsvorrichtungen für das Federelement ein, sondern auf den Ausgleichshebel.
- Der Ausgleichshebel wird durch das Stellglied so verdreht, daß sich die Abweichung der Fahrzeughochachse vom Scheinlot verringert.

53. Fahrzeug nach Anspruch 52, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Das Stellglied ist ein drehrichtungsumschaltbarer Elektromotor, der über ein Übersetzungsgetriebe und eine zwischengeschaltete Trennkupplung auf den Ausgleichshebel so einwirkt, daß dieser um seine Drehachse gedreht wird.

54. Fahrzeug nach Anspruch 55, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Die Trennkupplung wird elektrisch betätigt.
- Die Trennkupplung ist stromlos nicht im Eingriff.
- Die Trennkupplung wird durch die Stromversorgung des Regelungssystems gespeist.
- Die Stromversorgung der Trennkupplung kann von Hand unterbrochen werden.

55. Fahrzeug nach Anspruch 48 oder 51 und einem der Ansprüche 18 bis 31, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Das Stellglied des Regelungssystems wirkt nicht auf die Radführungen ein, sondern auf eine der Umlenkrollen des unteren Halteseils bzw. auf ein Kettenrad der unteren Haltekette.
- Falls bei den für die Funktion des unteren Halteseils als Ausgleichsvorrichtung erforderlichen Umlenkrollen Umschlingungswinkel, Reibewert und Seilspannung nicht ausreichen, um das erforderliche Drehmoment zu übertragen, wird eine weitere Umlenkrolle so

angebracht, daß bei einer Umlenkrolle der Umschlingungswinkel ausreichend groß wird. Auf diese Umlenkrolle wirkt dann das Stellglied ein.

- Die mit dem Stellglied verbundene Umlenkrolle wird durch das Stellglied so verdreht, daß sich die Abweichung der Fahrzeughochachse vom Scheinlot verringert.
- Das Fahrzeug ist so ausgelegt, daß es bei arretierter Ausgleichsvorrichtung "Stillstandstabil" ist.

56. Fahrzeug nach Anspruch 55, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Das Stellglied ist ein drehrichtungsumschaltbarer Elektromotor, der über ein Übersetzungsgetriebe und eine zwischengeschaltete Trennkupplung auf die Umlenkrolle so einwirkt, daß diese gedreht wird.

57. Fahrzeug nach Anspruch 56, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Die Trennkupplung ist aufgebaut und angegeschlossen wie in Anspruch 52 beschrieben.

58. Fahrzeug nach Anspruch 48 oder 51 und einem der Ansprüche 32 bis 34, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Das Stellglied des Regelungssystems wirkt nicht auf die Radführungen ein, sondern auf eines der Zahnräder im Differentialgetriebe oder Untersetzungsgetriebe.
- Das mit dem Stellglied verbundene Zahnrad wird durch das Stellglied so verdreht, daß sich die Abweichung der Fahrzeughochachse vom Scheinlot verringert.
- Das Fahrzeug ist so ausgelegt, daß es bei arretierter Ausgleichsvorrichtung "Stillstandstabil" ist.

59. Fahrzeug nach Anspruch 58, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Das Stellglied ist ein Drehrichtungsumschaltbarer Elektromotor, der über ein Übersetzungsgetriebe und eine zwischengeschaltete Trennkupplung auf das Zahnrad so einwirkt, daß dieses gedreht wird.

60. Fahrzeug nach Anspruch 59, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Die Trennkupplung ist aufgebaut und angegeschlossen wie in Anspruch 52 beschrieben.

61. Fahrzeug nach Anspruch 48 oder 51 und einem der Ansprüche 37 bis 43, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Das Stellglied des Regelungssystems wirkt nicht auf die Radführungen ein, sondern wirkt auf die Druckbehälter bzw. Hydraulikzylinder.
- Das Stellglied vergrößert oder verringert die Flüssigkeitsmenge in den Druckbehältern bzw. Hydraulikzylindern so, daß sich die Abweichung der Fahrzeughochachse vom Scheinlot verringert.
- Das Fahrzeug ist so ausgelegt, daß es bei gesperrter Ausgleichsleitung "Stillstandstabil" ist.

62. Fahrzeug nach Anspruch 61 (siehe Fig. 9) gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Das Stellglied ist eine Hydraulikpumpe die in beiden Richtungen fördern kann.
- Das Stellglied ist in die Ausgleichsleitung parallel zum Ausgleichsperrventil geschaltet.

63. Fahrzeug nach Anspruch 61, gekennzeichnet

durch die folgenden Merkmale:

- Das Stellglied ist eine Hydraulikpumpe, die nur in einer Richtung fördern kann, verbunden mit einem an sich bekannten hydraulischen Steuerungsventil.

64. Fahrzeug nach Anspruch 62 oder 63, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Das Stellglied wird in die Ausgleichsleitung parallel zum Ausgleichssperrventil geschaltet.

65. Fahrzeug nach Anspruch 64, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- In Reihe zu dem Stellglied ist ein elektrisch betätigtes, stromlos geschlossenes Absperrenventil geschaltet.
- Das Ausgleichssperrventil ist ein elektrisch betätigtes, stromlos offenes Ventil.
- Beide Ventile werden über das Regelungssystem mit Strom versorgt.
- Die Stromversorgung der beiden Ventile kann von Hand unterbrochen werden.

66. Fahrzeug nach Anspruch 65, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- Die Funktion der beiden Ventile wird durch ein geeignetes Dreiwegventil mit elektrischem Stellantrieb (51) übernommen.

5

20

25

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

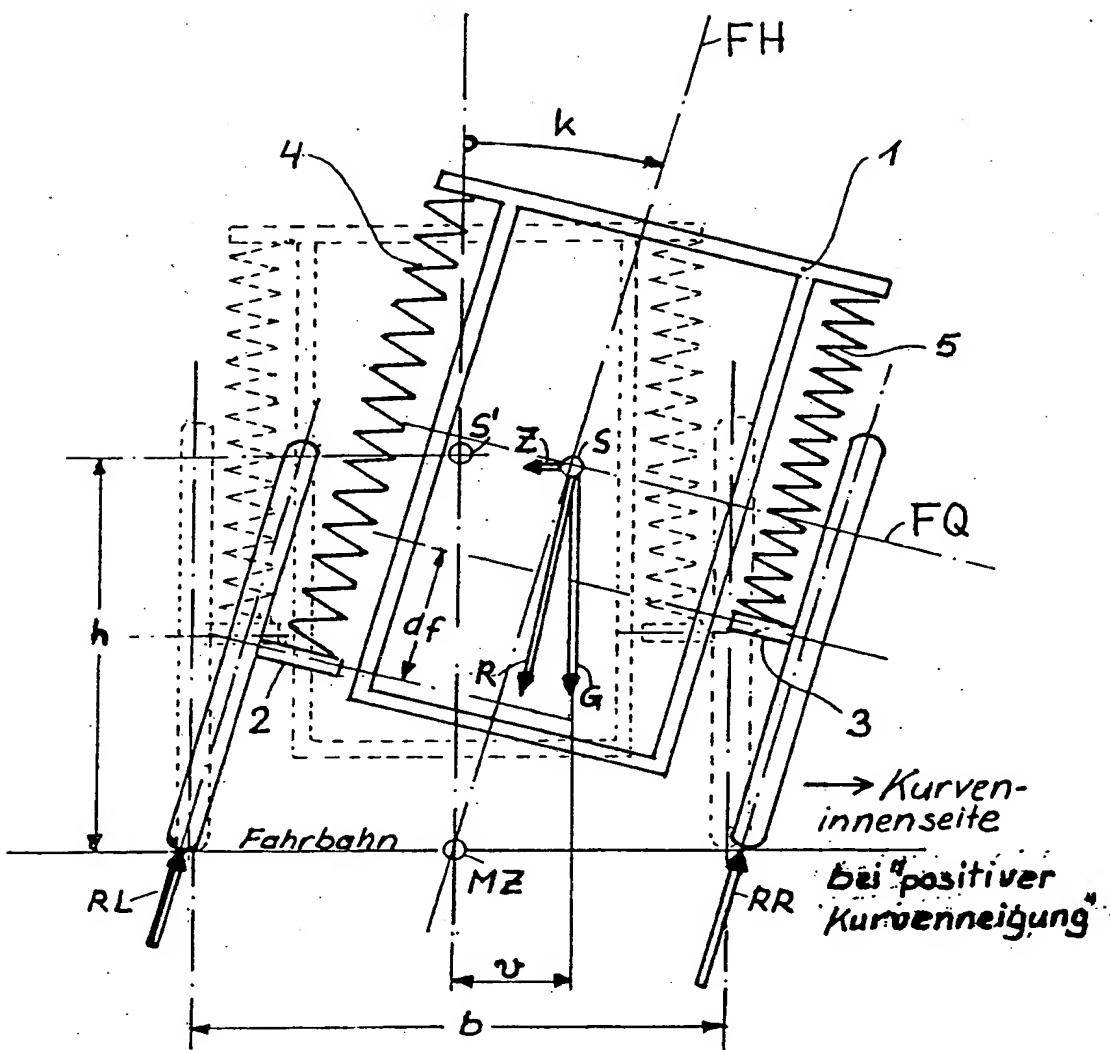
45

50

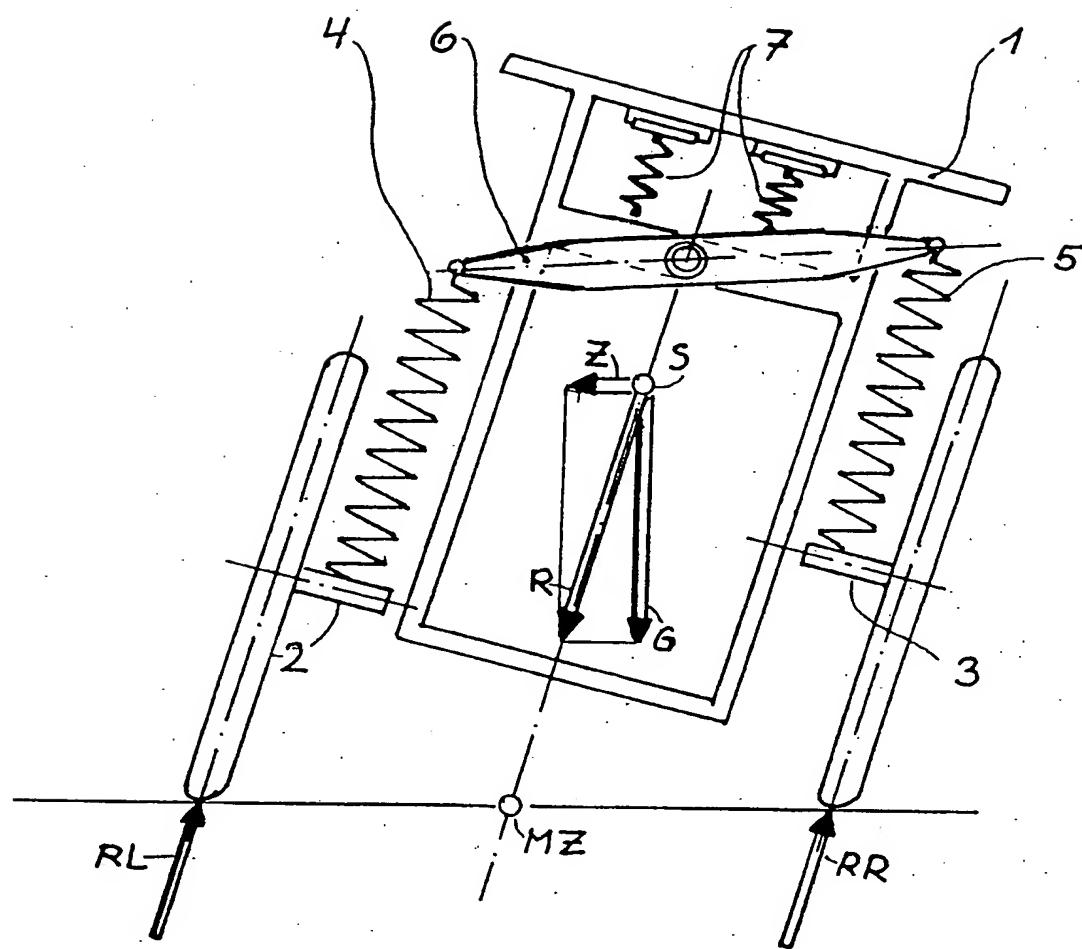
55

60

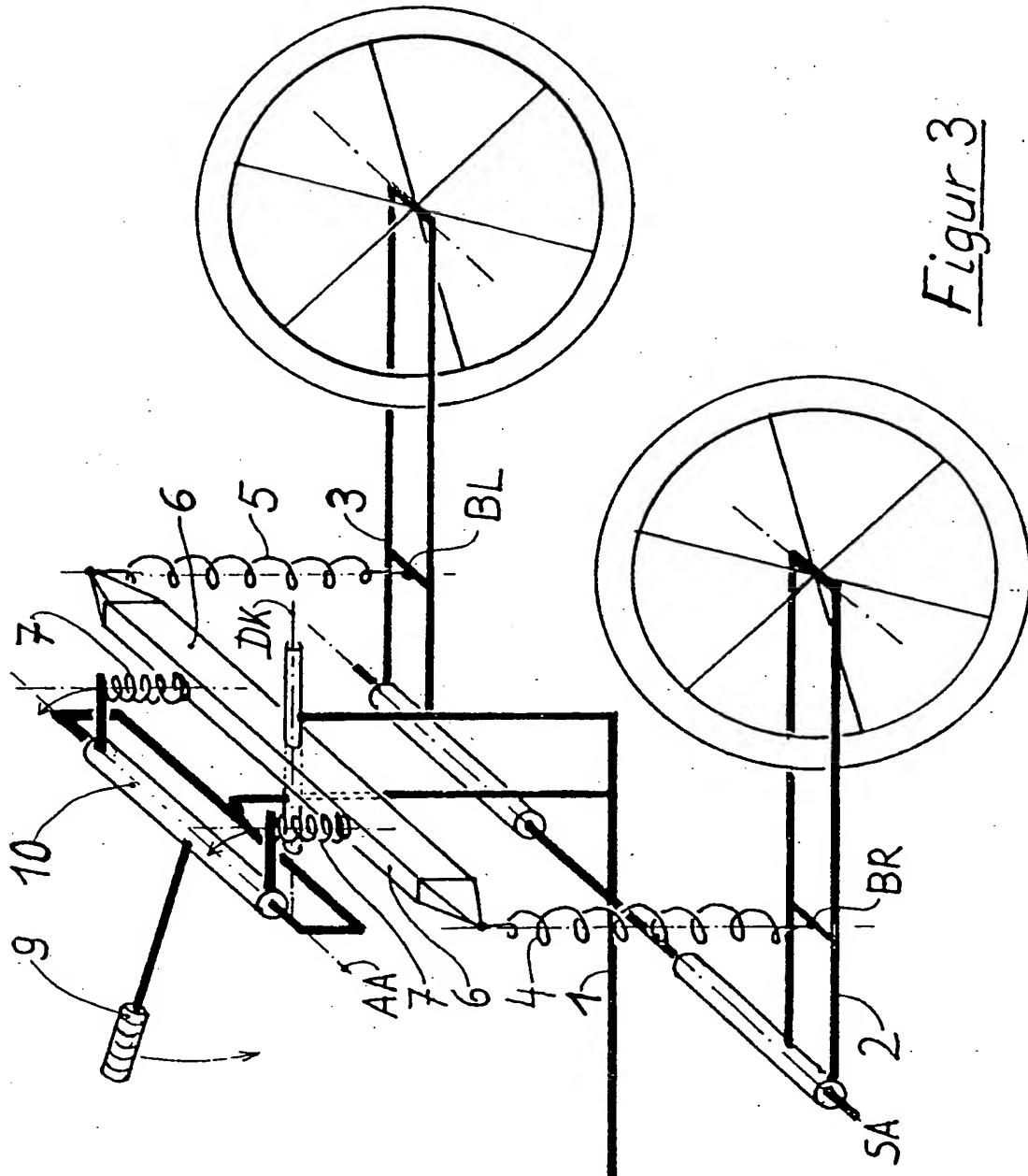
65



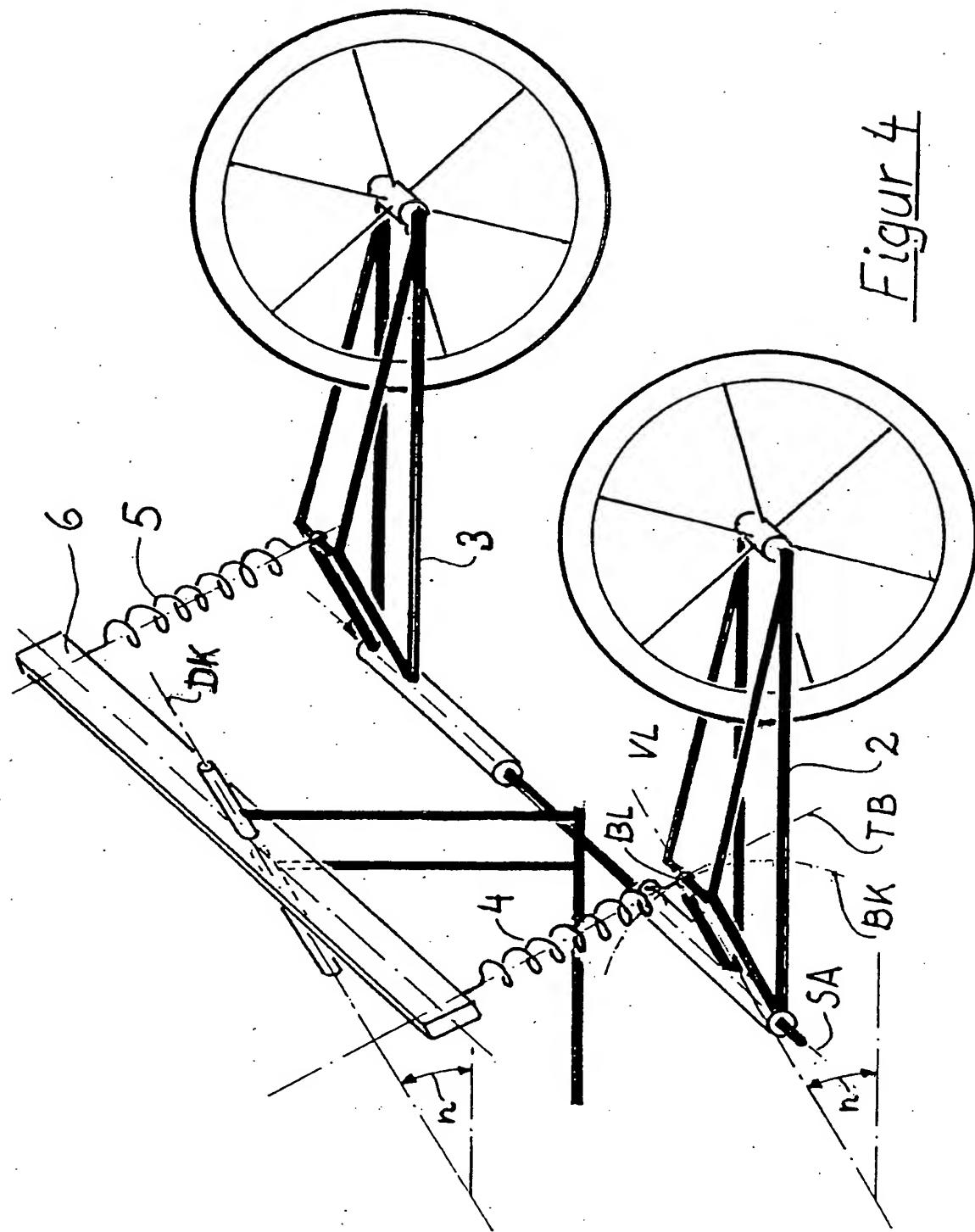
Figur 1



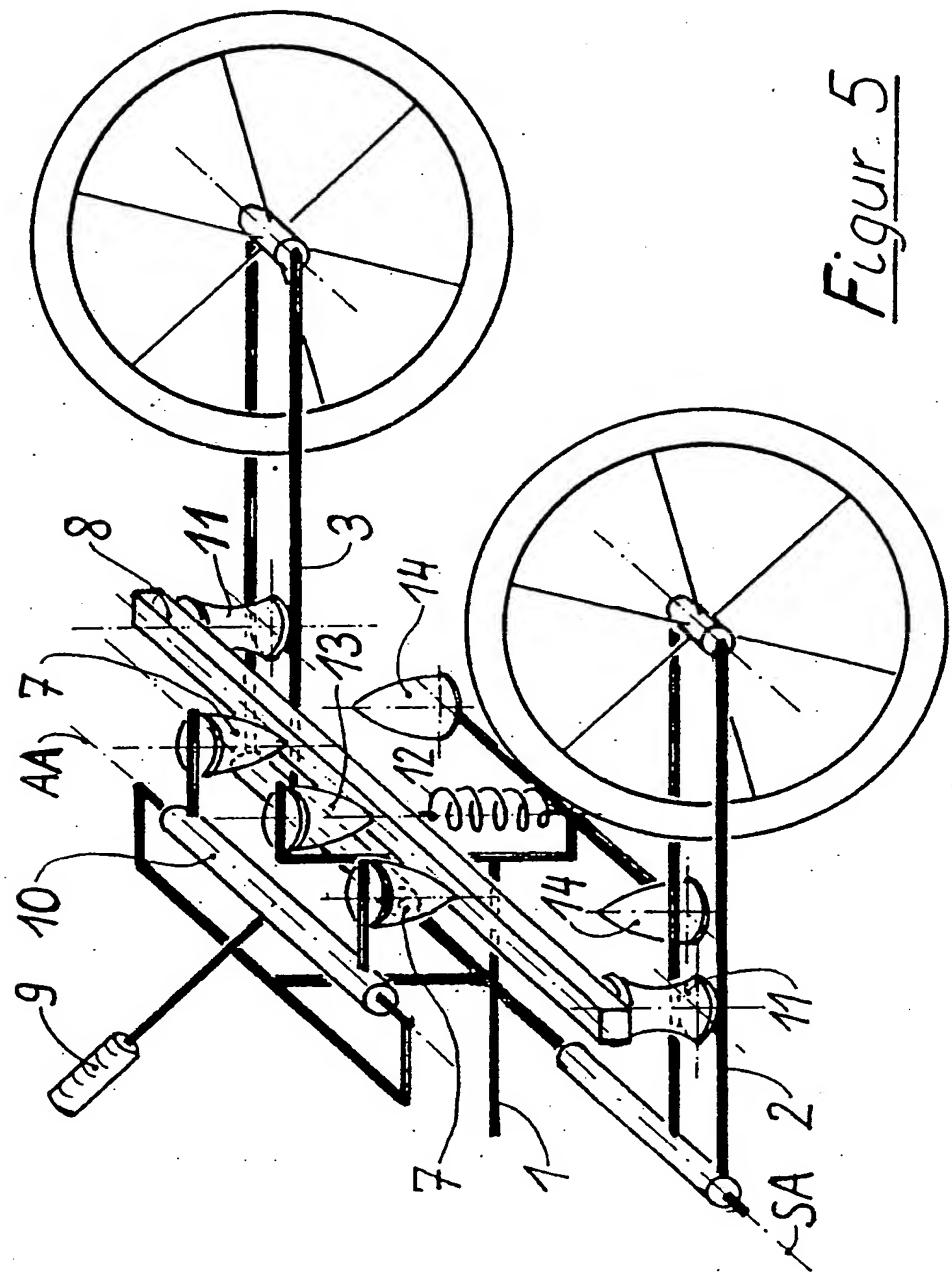
Figur 2

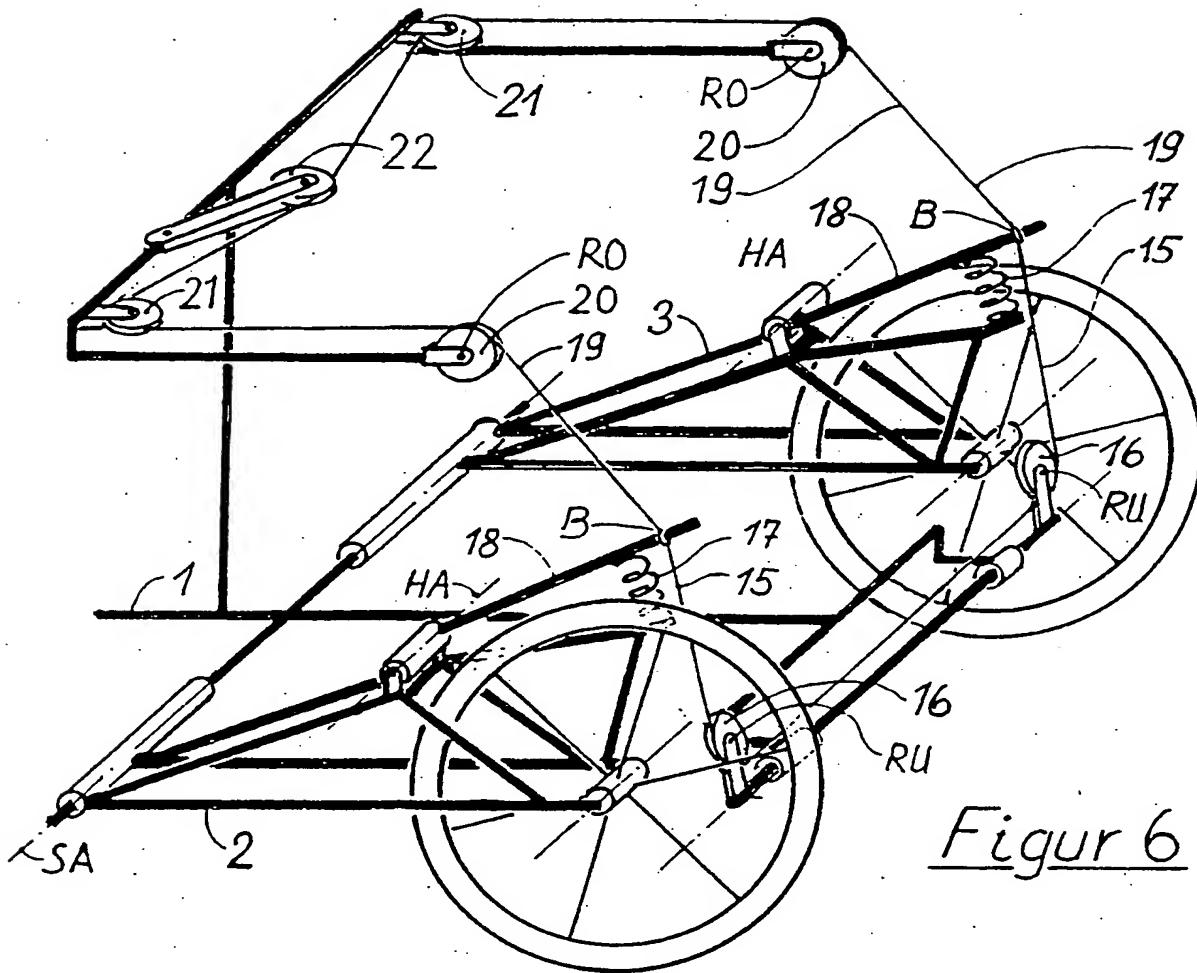


Figur 3

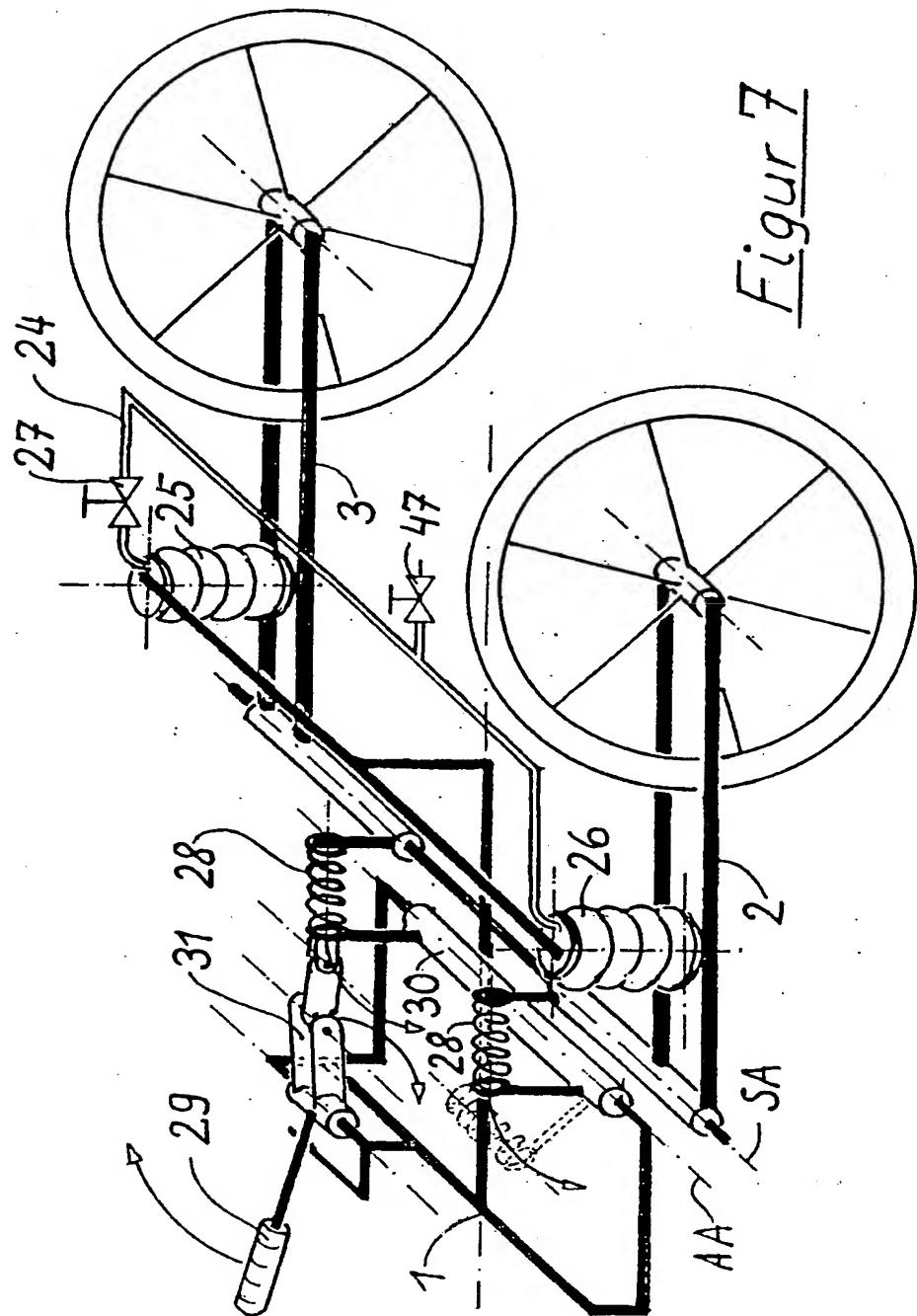


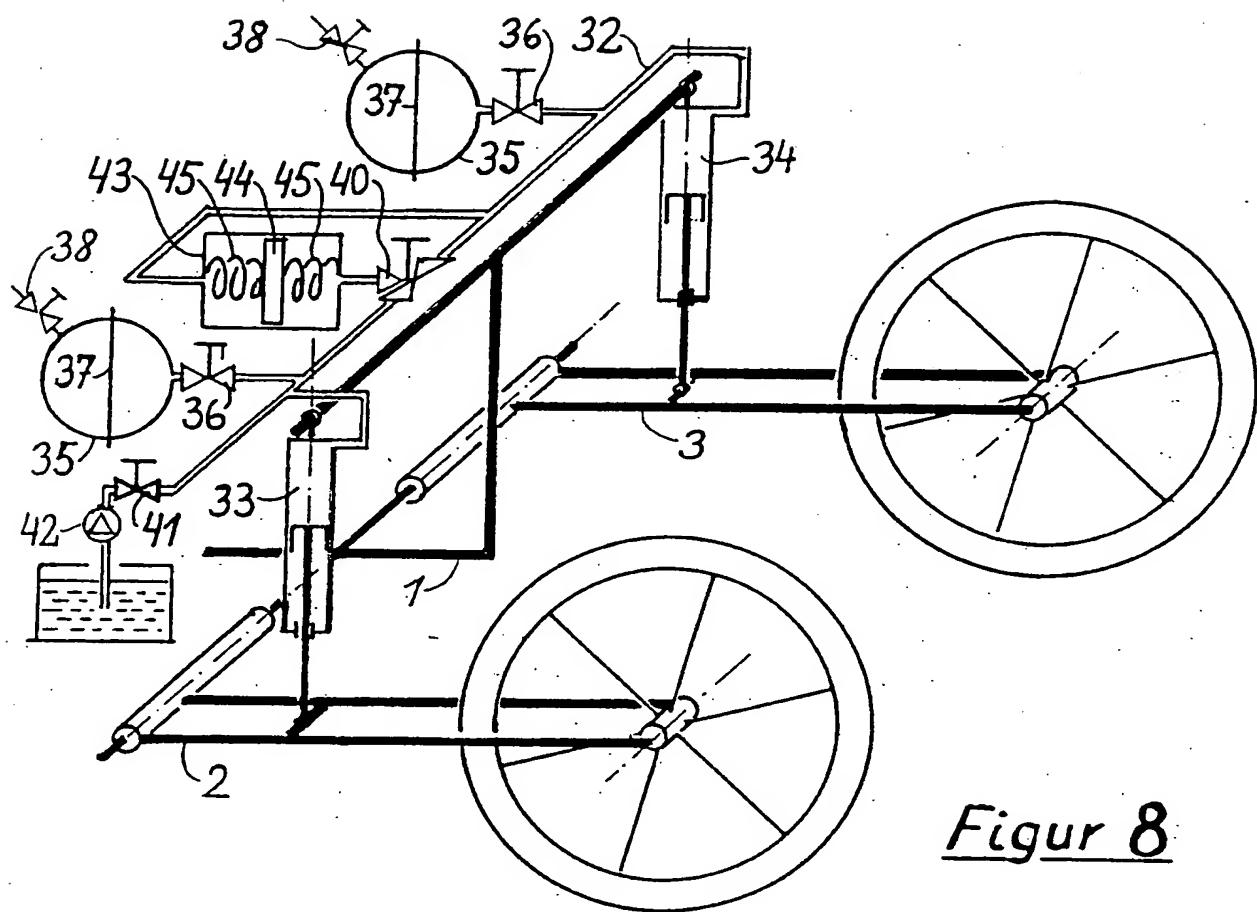
Figur 4



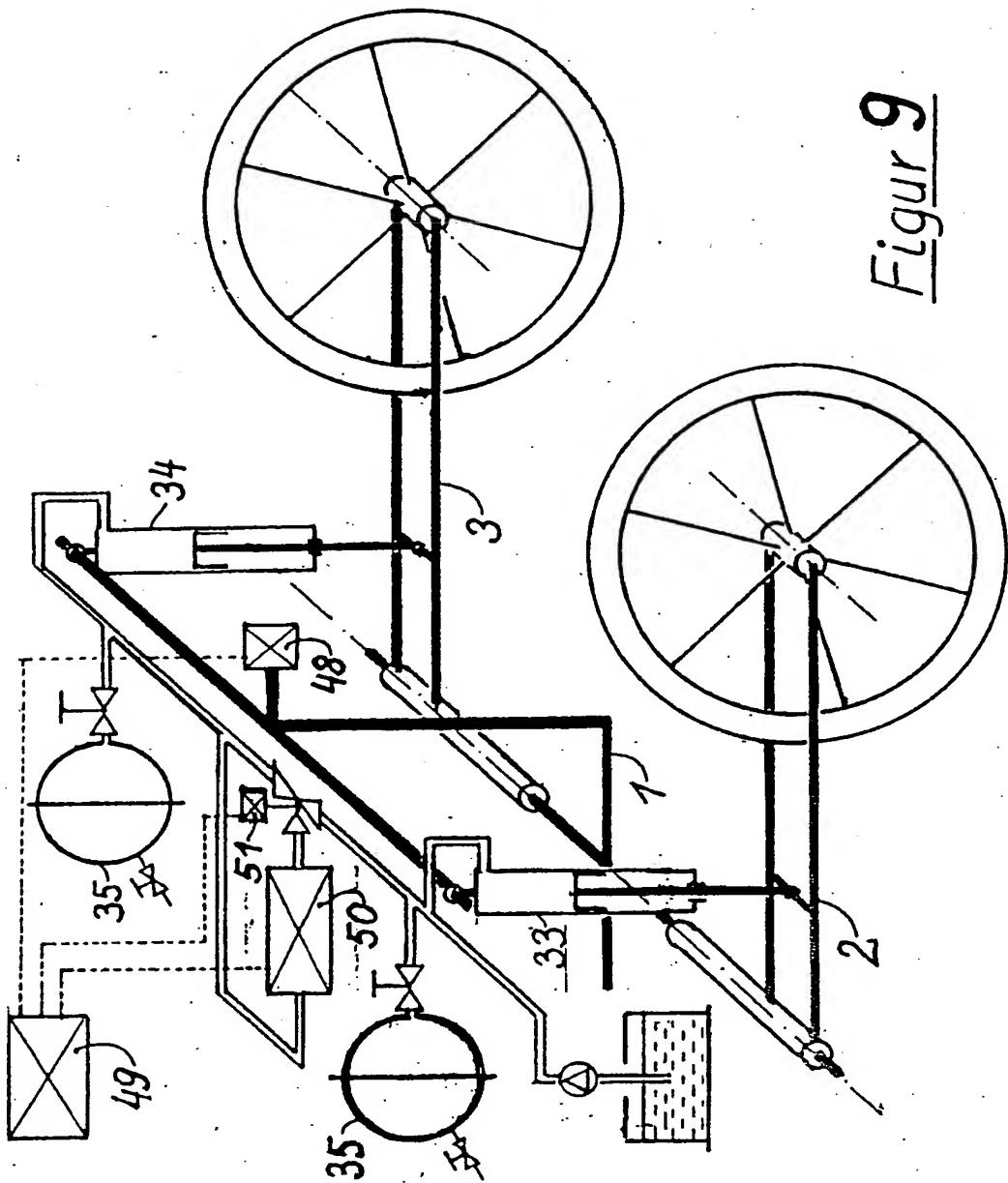


Figur 6





Figur 8



Figur 9